

DISAIN DAN UJI MODEL OTOMATISASI PROSES PENJERNIHAN MINYAK KELAPA SAWIT BERBASIS KOMPUTER

Oleh :

LLOYD
F 30.0628



1997

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lloyd (P 30.0628). Disain dan Uji Model Otomatisasi Proses Penjernihan Minyak Kelapa Sawit Berbasis Komputer.

Dibawah bimbingan : Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc. dan Dr. Ir. Purboyo Guritno, M.Sc.

RINGKASAN

Proses pengolahan minyak kelapa sawit (*Elais Guinesis Jaqc*) terus berkembang seiring dengan meningkatnya permintaan dunia. Oleh karena itu pengolahan yang dilakukan perlu dikembangkan terus menerus untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi. Salah satunya adalah dengan melakukan otomatisasi, terutama pada pengenceran dan pengontrolan suhu proses penjernihan minyak kelapa sawit.

Tujuan penelitian ini adalah mengotomatisasikan pengenceran dan pengontrolan suhu pada proses penjernihan minyak kelapa sawit, pengujian pengontrolan otomatis kadar pencampuran minyak dengan air yang dikendalikan oleh komputer dan evaluasi prototipe yang dirancang, antara lain penentuan kadar campuran terbaik terhadap suhu dan waktu pemisahan pada tangki penjernihan.

Pada proses pencampuran, minyak hasil pengepresan diencerkan untuk menurunkan viskositas minyak. Biasanya pengenceran dilakukan secara manual berdasarkan kebiasaan, yaitu sebesar 15-30 % dari tandan buah sawit (Dirjen Perkebunan, 1995). Hal ini menimbulkan ketidaktepatan penambahan air karena banyaknya minyak hasil pengepresan berfluktuasi, sehingga kadar minyak-air-padatan bukan minyak (NOS) untuk proses selanjutnya juga berfluktuasi dan mengakibatkan banyak air yang terbuang. Maka dengan melakukan otomatisasi diharapkan agar air yang harus ditambahkan sesuai dengan yang diinginkan.



Penelitian dilakukan di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan sejak 7 Maret hingga 7 Juni 1997. Beberapa peralatan yang dipergunakan adalah komputer dengan prosesor Intel 80486DX-4, program perangkat lunak Advance Genie Editor 2.1, PCL-816, 16 *channel*, 100 kHz, PCLD-885, PCLD-789 D, *Inverter (Motor Speed Controller)*, AF-500, Sumitomo, termokopel tipe K, pemanas, pompa air serta CPO dan air masing-masing sebanyak 100 liter. Kemudian setelah melakukan pembuatan model tangki, kalibrasi dan uji kadar minyak-air-NOS awal, baru dilakukan pencampuran yang dikontrol secara otomatis sehingga perbandingan antara minyak dengan air menjadi 30:70 dan 40:60. Setelah itu dilakukan pengujian kadar minyak terbaik hasil pencampuran diatas dengan perbedaan suhu bertingkat, yaitu 85°, 90° dan 95°C serta berdasarkan waktu pengendapan selama 4, 5 dan 6 jam.

Hasil pencampuran pada perbandingan 30:70 dan 40:60 berjalan dengan baik dengan penyimpangan kadar minyak yang diinginkan masing-masing sebesar 0,23 % dan 1,53 %. Kekurangan air pada perbandingan 40:60 lebih besar daripada pada perbandingan 30:70 disebabkan karena kemampuan pompa. Sementara untuk penentuan kadar minyak-air-NOS terbaik pada perbandingan 30:70 dan 40:60 menunjukkan bahwa perbandingan 30:70 dengan suhu 95°C, baik selama 4, 5 maupun 6 jam berada dalam standar yang telah ditentukan. Pada proses penjernihan, terlihat bahwa adanya kecenderungan menurunnya kadar minyak seiring dengan semakin tingginya suhu dan semakin lamanya waktu pengendapan, baik untuk perbandingan 30:70 maupun untuk perbandingan 40:60. Kecenderungan yang diikuti kecenderungan meningkatnya kadar air dan kadar NOS, merupakan konsekuensi

1. Diarahkan menguji sebagai atau suruh kaha tulis inkanpa pncantun dan dalam menyebutkan suruh
2. Diarahkan menguji sebagai atau suruh kaha tulis inkanpa pncantun dan dalam menyebutkan suruh
a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengujian tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Diarahkan menguji sebagai atau suruh kaha tulis inkanpa pncantun dan dalam menyebutkan suruh



yang wajar akibat adanya kemungkinan-kemungkinan karena karakteristik minyak itu sendiri.

Pengontrolan suhu secara otomatis dapat dilakukan dengan memperhatikan karakteristik termokopel yang cukup peka terhadap perubahan keadaan sekitarnya seperti adanya aliran maupun letak penempatan termokopel tersebut terhadap benda yang hendak diukur suhunya. Penggunaan komputer sangat membantu, baik dalam proses produksi maupun pada pengolahan data. Dengan menggunakan perangkat keras yang tepat, pengontrolan proses produksi dapat dilakukan secara otomatis, sehingga dapat mengurangi tenaga kerja yang dibutuhkan. Tetapi tanpa dukungan perangkat lunak yang tepat dan tersusun dengan baik, maka kehandalan perangkat keras yang dimiliki tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal.

Untuk mengetahui nilai ekonomis penggunaan otomatisasi, perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan membandingkan proses otomatisasi dengan proses manual. Penelitian lebih lanjut pada bagian pengolahan kelapa sawit yang lain juga dapat dilakukan untuk mengetahui sampai sejauh mana penerapan teknologi dapat dimanfaatkan dalam industri kelapa sawit. Penentuan penggunaan peralatan yang sesuai dengan kebutuhan juga dapat diteliti lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi.



Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Pendidikan Tinggi, dan Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada lampiran yang menyertakan surat ini.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumbernya.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**DISAIN DAN UJI MODEL OTOMATISASI
PROSES PENJERNIHAN MINYAK KELAPA SAWIT
BERBASIS KOMPUTER**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh :

L L O Y D

F 30.0628

1997

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DISAIN DAN UJI MODEL OTOMATISASI
PROSES PENJERNIHAN MINYAK KELAPA SAWIT

BERBASIS KOMPUTER

Oleh

Nama : L L O Y D

NRP : F 30.0628

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

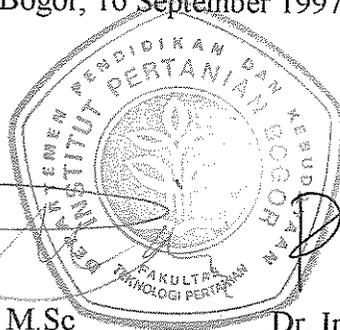
Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

Disetujui :

Bogor, 16 September 1997



Dr. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc

Dosen Pembimbing I

Dr. Ir. Purboyo Guritno, M.Sc.

Dosen Pembimbing II



KATA PENGANTAR

Puji, syukur, terima kasih dan segala rasa yang tak terkatakan penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Tanpa berkat dan rahmat Tuhan, rasanya proses hingga skripsi ini selesai mustahil terjadi. Benar-benar hal yang luar biasa merasakan karunia Tuhan yang sangat berlimpah.

Skripsi ini merupakan hasil penelitian yang dilaksanakan di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), Medan sejak tanggal 7 Maret 1997 hingga 31 Mei 1997. Kegiatan penelitian ini dilakukan guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Ungkapan rasa terima kasih yang tidak seberapa apabila jika dibandingkan dengan segala bantuan dan dukungan selama menjalani masa perkuliahan, baik pada saat-saat yang berat maupun dalam kegembiraan (terutama dalam proses penelitian hingga skripsi ini selesai), ingin penulis sampaikan kepada :

1. DR. Ir. Kudang Boro Seminar, M.Sc., selaku dosen pembimbing, hingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik.
2. DR. Ir. Purboyo Guritno, M.Sc., yang telah memberikan kesempatan, bantuan, dukungan, perhatian dan kesabarannya dalam membimbing penulis, baik selama penelitian maupun hingga skripsi ini selesai.
3. Ir. Susilo Sarwono sebagai dosen penguji atas waktu dan masukan yang diberikan.
4. Ir. Diwan Prima Ariana M.Sc., yang banyak memberi bantuan teknis dan inspirasinya yang berharga selama penelitian ini dilakukan.

5. Pimpinan, staf serta karyawan PPKS, Medan yang telah membantu penulis selama penelitian, terutama yang bekerja di lab Rekayasa, Oleo Pangan, Oleokimia.
6. Mami, Papi, dan Siane tercinta yang keberadaannya merupakan anugrah Tuhan dan selalu memberikan dukungan sepenuhnya.
7. Sophie, Marlene, Bobby dan Yully yang selalu menjadi teman terbaik serta teman-teman di Bandung lainnya.
8. Keluarga di Riau 65, Tante Winarti (alm.) dan keluarga, Candra, Yuri, Septovius, Daniel, Gunawan dan Adji yang menjadikan keluarga di Bogor.
9. Keluarga di Bogor, Wiyono, Ferry dan pendamping lainnya, Cath, Budianto dan teman-teman di Jl. Riau, Pauw Yin, Sonia, Oentari, Grace, Pris, Bambang dan rekan-rekan di PCH, teman-teman dari St. Aloysius, Bandung, Tika, Mitha, Wiyamin, Djiang, Mina dan teman-teman di Mekanisasi lainnya, Danny, Henny, Ivy, Irawan dan banyak lagi tak dapat disebutkan satu persatu akibat keterbatasan halaman, yang turut membantu hingga skripsi ini selesai.

Dalam penulisan skripsi ini penulis menyadari bahwa banyak sekali kekurangan-kekurangan, maka penulis sangat terbuka akan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak, sehingga dapat meningkatkan kemampuan penulis serta skripsi ini dapat berguna di masa yang akan datang.

Akhir kata, penulis sekali lagi mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan semoga kita semua selalu diberkati oleh Tuhan.

Bogor, 16 September 1997

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
PENDAHULUAN	1
TINJAUAN PUSTAKA	9
A. KELAPA SAWIT	9
B. PENGOLAHAN MINYAK SAWIT MENTAH	11
C. PROSES PENJERNIHAN MINYAK SAWIT MENTAH	25
D. KONTROL OTOMATIS	38
E. BAHASA PEMROGRAMAN	43
F. PEMROGRAMAN	47
G. PEMODELAN SISTEM	47



III.	METODOLOGI	52
A.	JUDUL PENELITIAN	52
B.	TEMPAT PENELITIAN	52
C.	WAKTU PENELITIAN	52
D.	BAHAN DAN ALAT	53
E.	METODE PENELITIAN	54
F.	HASIL YANG DIHARAPKAN	64
IV.	PEMBAHASAN	65
A.	PENCAMPURAN	65
B.	PROSES PENJERNIHAN	69
C.	INSTRUMENTASI DAN PEMBUATAN PROGRAM	78
D.	PENGUKURAN KADAR AIR PADA MINYAK	84
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	88
A.	KESIMPULAN	88
B.	SARAN	90
	DAFTAR PUSTAKA	91
	LAMPIRAN	94



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Nilai Konversi Buah Kelapa Sawit	2
Tabel 2.	Luas Lahan Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia Tahun 1994-2005	3
Tabel 3.	Produksi Minyak Sawit Indonesia Tahun 1994-2005	3
Tabel 4.	Produksi Minyak Sawit Dunia (dalam juta ton)	4
Tabel 5.	Perbedaan Buah Jenis Dura, Tenera dan Pisifera	9
Tabel 6.	Perbandingan Antara Perebusan Dua Puncak dan Tiga Puncak	16
Tabel 7.	Komposisi Minyak Sawit Mentah	21
Tabel 8.	Jadual Kegiatan Penelitian	53



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Penampang Melintang Buah Dura	10
Gambar 2.	Penampang Melintang Buah Tenera	10
Gambar 3.	Penampang Melintang Buah Pisifera	10
Gambar 4.	Diagram Alir Proses Pengolahan Minyak Kelapa Sawit	12
Gambar 5.	Diagram Alir Proses Pengkilangan Minyak Kelapa Sawit	26
Gambar 6.	Diagram Alir Proses Penjernihan (<i>Clarification</i>)	37
Gambar 7.	Diagram Alir Kontrol Otomatik Menggunakan Komputer	39
Gambar 8.	Diagram Alir Proses Pengolahan Data Komputer	48
Gambar 9.	Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan I	70
Gambar 10.	Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan II	70
Gambar 11.	Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan I	71
Gambar 12.	Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan II	71
Gambar 13.	Pengontrolan Suhu Pencampuran dengan Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan I	72
Gambar 14.	Pengontrolan Suhu Pencampuran dengan Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan II	72
Gambar 15.	Pengontrolan Suhu Pencampuran dengan Perbandingan	



40:60, Suhu 85°C Ulangan I	73
Gambar 16. Pengontrolan Suhu Pencampuran dengan Perbandingan	
40:60, Suhu 85°C Ulangan II	73
Gambar 17. Diagram Alir Pengontrolan Suhu Proses Penjernihan	76
Gambar 18. Skema Kontrol Umpan Balik	78
Gambar 19. Diagram Alir Pengontrolan Proses Pencampuran	80
Gambar 20. Skema Pengambilan Contoh Secara Otomatis	86



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Ukuran Model Tangki Penjernihan	95
Lampiran 2.	Perhitungan Ukuran Model Tangki Penjernihan	96
Lampiran 3.	Prosedur Pengujian Kadar Minyak-Air-NOS Dari CPO	99
Lampiran 4.	Hasil Pengujian Kadar Minyak-Air-NOS Dari CPO	101
Lampiran 5.	Hasil Kalibrasi Tegangan Terhadap Debit Minyak dan Debit Air	103
Lampiran 6.	Data Hasil Pengujian Kadar Minyak-Air-NOS Pada Tangki Penjernihan	104
Lampiran 7.	Hasil Pengontrolan Suhu Proses Penjernihan	107
Lampiran 8a.	Data Pencampuran Perbandingan 40:60, Suhu 85°C, Ulangan I	118
Lampiran 8b.	Data Pencampuran Perbandingan 40:60, Suhu 85°C, Ulangan II ...	120
Lampiran 8c.	Data Pencampuran Perbandingan 30:70, Suhu 85°C, Ulangan I ...	122
Lampiran 8d.	Data Pencampuran Perbandingan 30:70, Suhu 85°C, Ulangan II ...	124
Lampiran 9.	Hasil Pengujian Kadar Minyak-Air-NOS Hasil Proses Pencampuran	126
Lampiran 10.	Daftar Karakteristik Program Pencampuran : Campur.gni	127
Lampiran 11.	Daftar Karakteristik Program Pengontrolan Suhu : Suhu.gni	136
Lampiran 12.	Gambar Rangkaian Pengontrolan Pencampuran dan Suhu	140

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Tanaman kelapa sawit (*Elais Guinenois Jacq*), yang merupakan famili Palmae, dikenal di Indonesia pertama kali pada tahun 1848. Tanaman ini dibawa dari benua Afrika dan ditempatkan di Kebun Raya Bogor untuk dikembangkan bibitnya. Pengembangan tanaman kelapa sawit di Indonesia dipusatkan di Sumatera Utara sejak tahun 1911 karena iklim dan tanahnya sesuai dengan tanaman ini. Jenis kelapa sawit yang ditanam di Indonesia adalah tenera, yang penampangnya bulat dan tempurungnya tebal.

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman yang tumbuh di daerah beriklim tropis. Kondisi iklim untuk tumbuhnya kelapa sawit secara optimal adalah iklim tropis dengan curah hujan 2000 mm/tahun dan kisaran suhu 22°-32°C.

Pemerintah Indonesia memberikan prioritas yang tinggi terhadap pengembangan dan perluasan industri yang mengolah hasil pertanian. Kedua kegiatan ini ditujukan untuk menambah devisa negara. Salah satu hasil pertanian yang sangat potensial untuk dikembangkan adalah kelapa sawit, yang memiliki peran penting dalam kontribusi pertukaran komoditi non-migas Indonesia. Minyak kelapa sawit juga berperan sebagai salah satu komoditi yang menunjang program ekspor non-migas yang digalakkan oleh pemerintah. Tanaman ini memiliki nilai ekonomi yang cukup



tinggi karena hampir seluruh bagian dari tanaman ini dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai jenis produk.

Kandungan daging buah (perikarp) dan biji yang dilapisi kulit tipis pada kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Nilai Konversi Buah Kelapa Sawit

Daging Buah	58 - 62	Buah sawit
Biji	37 - 43	Buah sawit
Daging Buah : Air	36 - 40	Daging buah
Minyak	46 - 50	Daging buah
Ampas	13 - 15	Daging buah
Minyak Sawit	77 - 82	Daging buah (berat kering)
Minyak Sawit	28.5 - 29.5	Berat buah matang segar

Sumber : S. Ketaren (1986).

Dengan ditemukannya proses hidrogenisasi, maka mulai muncul teknologi pengembangan pengolahan minyak kelapa sawit. Di Indonesia, pengolahan minyak kelapa sawit ini sudah dimulai sejak tahun 1919 (Hartley, 1967), dimana pada saat itu Indonesia menjadi produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia dengan nilai produksi sebesar 244.000 ton atau 48 % dari total produksi minyak kelapa sawit dunia pada saat itu. Sebagian besar dari hasil produksi itu yaitu sebesar 240.000 ton atau 98,36 % diekspor, dan menjadikan Indonesia sebagai eksportir minyak kelapa sawit terbesar di dunia pada saat itu dengan menguasai 44 % pasaran dunia (Bank Bumi Daya, 1988).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber ;
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Menurunnya produksi minyak kelapa sawit Indonesia, sebagian besar disebabkan karena perang dunia ke-II dan akibat penjajahan Jepang. Selain sebagian besar perkebunan kelapa sawit di Indonesia terlantar, permintaan akan minyak kelapa sawit dunia juga menurun akibat berkobarnya perang. Hal ini menjadikan produksi minyak kelapa sawit Indonesia menurun hingga tahun 1970-an.

Pemilihan kelapa sawit sebagai andalan Indonesia untuk ekspor non-migas, didukung dengan luas lahan dan besar produksinya. Luas wilayah perkebunan dan hasil produksinya terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 sebagai berikut:

Tabel 2. Luas Lahan Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia Tahun 1994-2005*

Tahun	Perkebunan Kelapa (ha)	UMP (ha)	Perkebunan Sawit (ha)	Total (ha)
1994	564.597	393.696	818.979	1.777.272
1995	576.863	426.994	823.594	1.827.451
1996	613.734	426.994	873.977	1.914.705
*1997	650.606	426.994	924.361	2.001.961
*2000	761.219	426.994	1.075.511	2.263.742
*2005	945.575	426.994	1.327.429	2.699.998

Sumber : Pusat Penelitian Kelapa Sawit (1997)

* perkiraan

Tabel 3. Produksi Minyak Sawit Indonesia Tahun 1994-2005*

Tahun	Perkebunan Kelapa (ha)	UMP (ha)	Perkebunan Sawit (ha)	Total (ton)
1994	899.138	1.785.315	1.410.030	4.094.483
1995	990.586	1.789.459	1.631.953	4.853.197
1996	1.145.542	1.920.021	1.789.187	5.340.225
*1997	1.300.496	2.050.583	1.946.421	5.827.252
*2000	1.955.367	2.442.269	2.418.123	7.288.334
*2005	2.540.148	3.095.084	3.204.293	9.723.473

Sumber : Pusat Penelitian Kelapa Sawit (1997)

* perkiraan



Sementara untuk volume produksinya, posisi Indonesia sebagai produsen terbesar sebelum perang dunia ke-II, telah diambil alih oleh Malaysia. Saat ini produsen minyak kelapa sawit terbesar masih dipegang oleh Malaysia dengan luas lahan penanaman sebesar 2,33 juta hektar (International Contact Business System, 1997). Volume produksi minyak kelapa sawit di Indonesia, disajikan dalam Tabel 4 dalam perbandingannya dengan negara produsen minyak kelapa sawit lainnya di dunia.

Tabel 4. Produksi Minyak Sawit Dunia (dalam juta ton)

	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Malaysia	6.141,4 (53,52)	6.371,1 (52,54)	7.402,9 (53,62)	7.222,4 (51,09)	7.810,7 (51,58)	8.059,6 (50,64)	5,77
Indonesia	2.657,6 (23,16)	2.970,0 (24,49)	3.421,4 (24,78)	3.860,0 (27,30)	4.200,0 (27,63)	4.746,0 (28,78)	11,53
Nigeria	646,0 (5,63)	633,0 (5,22)	645,0 (4,67)	640,0 (4,67)	650,0 (4,28)	660,0 (4,15)	0,44
P. Gading	280,0 (2,44)	275,0 (2,27)	320,0 (2,32)	290,0 (2,05)	290,0 (1,91)	295,0 (1,85)	1,38
Columbia	253,8 (2,21)	205,5 (2,35)	323,5 (2,34)	350,0 (2,48)	388,0 (2,55)	380,0 (2,39)	8,56
Thailand	234,4 (2,04)	260,6 (2,15)	297,3 (2,19)	315,8 (2,23)	360,0 (2,37)	374,6 (2,35)	9,58
Papua Nugini	180,0 (1,57)	202,0 (1,67)	222,8 (1,61)	224,8 (1,59)	223,2 (1,47)	228,0 (1,43)	6,22
Lainnya	1.082,4 (9,43)	1.128,4 (9,31)	1.173,3 (10,50)	1.233,9 (8,73)	1.279,0 (8,40)	1.338,6 (18,41)	3,58
Total	11.475,6	12.125,6	13.806,2	14.136,9	15.200,9	15.749,8	6,83

Sumber : Oil World Annual (1996)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan artikel atau surat kabar, atau untuk tujuan lain yang bersifat akademis.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini di luar izin tertulis dari penerbit.



Perkembangan kelapa sawit di Indonesia setiap tahun menunjukkan suatu peningkatan. Dalam kurun waktu 20 tahun terakhir ini, Indonesia banyak mengolah buah kelapa sawit menjadi minyak sawit mentah (CPO). CPO yang dihasilkan hampir seluruhnya diekspor. Selain memenuhi kebutuhan ekspor, CPO yang dihasilkan juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

Konsumsi minyak kelapa sawit di dalam negeri terus mengalami peningkatan setiap tahun. Pada tahun 1968, Indonesia hanya memiliki luas areal kelapa sawit sebesar 106.000 ha dengan produksi 168.000 ton CPO. Pada tahun 1984, konsumsi minyak goreng di dalam negeri adalah 1.305.300 ton. Dari jumlah tersebut, kontribusi minyak kelapa sawit (58,7%) lebih besar dari minyak kelapa (33,5%). Jumlah ini terus meningkat pada tahun-tahun berikutnya (Ketaren, 1986). Produksi CPO pada tahun 1990 adalah sebesar 2,4 juta ton, dan meningkat hingga 4,8 juta ton pada tahun 1995. Pada tahun 1994 luas areal berkembang menjadi 1,8 juta ha dengan pabrik kelapa sawit sebanyak 142 unit yang berkapasitas 10 sampai 60 ton tandan buah segar per jam dengan produksi 4,1 juta ton CPO (Naibaho, 1996). Produksi tahun 2000 diperkirakan akan mencapai 6,7 juta ton. Dengan perkiraan bahwa minimal 50 persen CPO dapat diekspor, maka devisa yang diharapkan masuk ke kas negara sebesar 1,6 milyar dollar atau tiga kali dari nilai ekspor kelapa sawit tahun 1994 (Naibaho, 1996).

Peningkatan produksi CPO telah membuka peluang pengembangan industri hilir. Hal ini ditunjukkan dengan semakin meningkatnya kebutuhan industri dalam negeri akan CPO. Kebutuhan industri dalam negeri akan CPO pada tahun 1993

mencapai dua juta ton, yang umumnya digunakan untuk pembuatan minyak goreng, minyak olahan dan produk lainnya (Naibaho, 1996). Sementara CPO hasil produksi lainnya, diekspor untuk mengisi pasar internasional dan sebagai sumber devisa negara.

Perkembangan permintaan produk-produk lainnya seperti margarine, mentega, emulsifier, es krim dan sabun menyebabkan peningkatan permintaan jumlah bahan baku CPO. Selain itu, pabrik-pabrik oleokimia juga banyak menggunakan bahan baku CPO untuk menghasilkan produk-produk seperti gliserol, metil ester dan trigliserida, yang dapat memberikan nilai tambah. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan kelapa sawit menjadi CPO akan lebih menguntungkan dibanding dengan mengekspor buah kelapa sawit segar.

Untuk meningkatkan produksi minyak kelapa sawit Indonesia dan mengejar ketinggalan dari Malaysia, maka dipandang perlu dilakukan riset penelitian dan pengembangan baik kualitas maupun kuantitas minyak kelapa sawit Indonesia. Peningkatan kualitas dan kuantitas minyak kelapa sawit pada penelitian ini, ditekankan pada proses pengolahannya, karena proses pengolahan ini menentukan hasil akhir minyak kelapa sawit yang didapat. Kebutuhan akan suatu sistem yang mampu melakukan suatu proses pengolahan CPO yang memenuhi kebutuhan pabrik pengolahan minyak kelapa sawit, dirasakan perlu dalam industri pengolahan minyak kelapa sawit yang semakin besar kapasitas produksinya. Sistem tersebut diharapkan mampu menganalisa, menghasilkan sekaligus mengintegrasikan faktor-faktor penting yang harus diperhatikan dan dipertimbangkan dalam proses



pengolahan CPO seperti kondisi optimal (suhu dan tekanan) selama proses pengolahan.

Salah satu cara untuk mengembangkan sistem produksi, dilakukan dengan melakukan otomatisasi proses pengolahan minyak kelapa sawit dengan menggunakan bantuan komputer. Dengan menggunakan komputer, mesin-mesin pengolah minyak kelapa sawit dikontrol secara otomatis dengan standard yang telah ditentukan. Pengaruh faktor-faktor selama proses pengolahan baik internal maupun eksternal dapat dianalisa dan diimplementasikan secara bersamaan oleh komputer. Selain itu, cara ini dapat meningkatkan efektivitas proses pengolahan karena mesin-mesin tersebut dapat digunakan secara kontinu, sehingga diperoleh hasil produksi yang relatif lebih konstan.

Oleh karena itu, hasil akhir yang diharapkan dari penggunaan otomatisasi proses pengolahan adalah industri yang menggunakan sistem produksi yang berdasarkan *Computerized Integrated Manufacture (CIM)* sehingga pada tujuan jangka panjangnya akan meningkatkan efisiensi, efektivitas dan volume produksi minyak kelapa sawit Indonesia.

B. TUJUAN PENELITIAN

1. Mengotomatisasikan pengenceran dan pengontrolan suhu pada proses penjernihan minyak kelapa sawit.



2. Pengujian pengontrolan otomatis kadar pencampuran minyak dengan air yang dikendalikan oleh komputer.
3. Evaluasi prototipe yang dirancang, antara lain penentuan kadar campuran terbaik terhadap suhu dan waktu pemisahan pada tangki penjernihan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. KELAPA SAWIT

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman yang menghasilkan minyak per unit area paling banyak (sekitar 5-7 ton minyak per hektar), apabila dibandingkan dengan tanaman lainnya yang menghasilkan minyak (Gascon, Noiret dan Meunier, 1989). Tanaman yang tumbuh secara optimal di daerah beriklim tropis ini membutuhkan curah hujan 2000 mm/tahun dan kisaran suhu 22°-32°C (Ketaren, 1986).

Jenis kelapa sawit yang ditanam di Indonesia ada tiga macam, yaitu dura, pisifera dan tenera (Naibaho,1996). Perbedaan dari ketiga jenis ini terutama pada buahnya. Apabila kita membuat irisan melintang terhadap buah kelapa sawit, maka terdapat perbedaan antara jenis yang satu dengan yang lain. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 1, 2 dan 3. Perbedaan tersebut dijelaskan lebih lanjut pada Tabel 5 sebagai berikut :

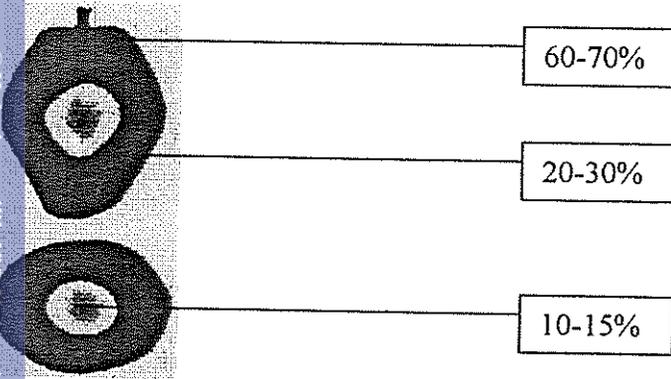
Tabel 5. Perbedaan Buah Jenis Dura, Pisifera dan Tenera

Jenis Buah	Dura	Pisifera	Tenera
Daging buah (<i>mesocarp</i>)	Tipis	Tebal	Sedang
Biji	Besar	Kecil	Sedang
Ketebalan cangkang (mm)	2-8	Tidak ada	0,5-4
Persentase <i>mesocarp</i> per buah (%)	20-65	>90	60-96

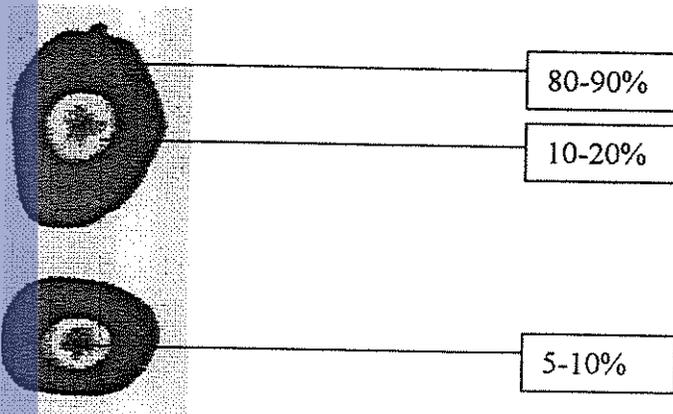
Sumber : Pusat Penelitian Kelapa Sawit (1996), diolah



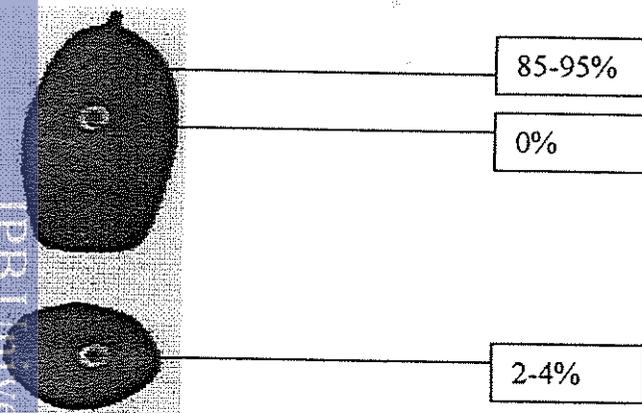
@Hak cipta milik IPB University



Gambar 1. Penampang Melintang Buah Dura



Gambar 2. Penampang Melintang Buah Tenebra



Gambar 3. Penampang Melintang Buah Pisifera



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

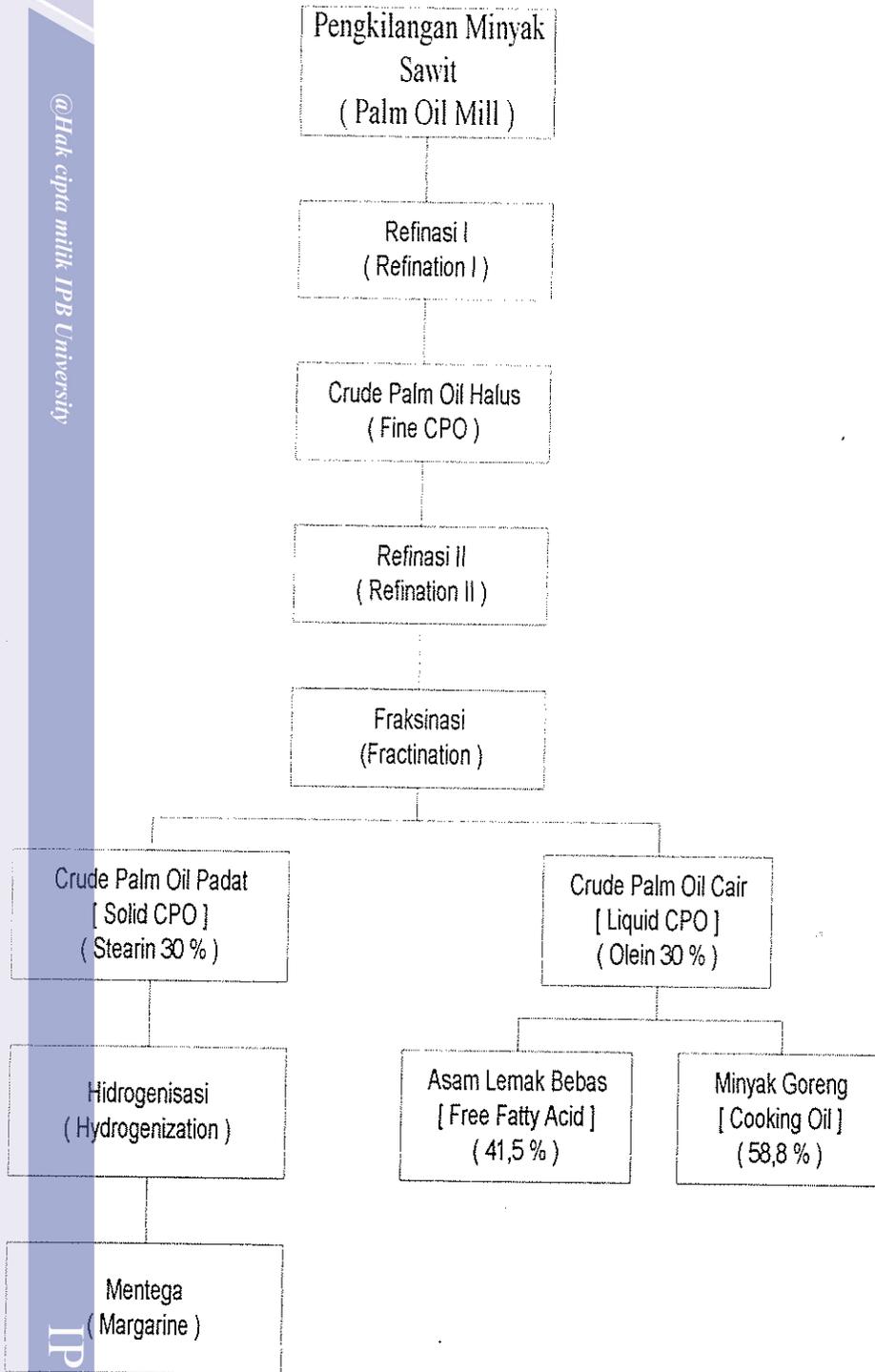
Jenis tenera merupakan hasil persilangan dari buah jenis dura dengan pisifera. Hal ini disebabkan karena pada jenis dura, daging buahnya relatif cukup tipis sehingga sedikit menghasilkan minyak kelapa sawit, sementara pada jenis pisifera bagian inti kelapa sawit yang terdapat pada bagian bijinya terlalu kecil sehingga menyulitkan pengolahan untuk menghasilkan minyak inti sawit (PKO).

Tandan buah kelapa sawit biasanya dapat mencapai panjang sekitar 50 cm dan diameter 35 cm. Tandan kelapa sawit biasanya terdiri dari 500-4.000 buah kelapa sawit dengan banyak rata-rata adalah 1.500 buah. Berat tandan tersebut berkisar 10-100 kg dengan rata-rata berat adalah 10-30 kg pada usia lewat dari 10 tahun. Perbandingan banyaknya buah dalam suatu tandan berkisar antara 60-70 %.

B. PENGOLAHAN MINYAK SAWIT MENTAH

Pembuatan minyak sawit mentah dilakukan melalui beberapa tahap proses pengolahan. Pengolahan yang dimulai dari panen hingga menjadi komoditi yang dapat digunakan sehari-hari dilakukan melalui beberapa tahap. Diagram alir tahap-tahap pengolahan minyak sawit mentah dari biji hingga menjadi komoditi yang dapat dipergunakan sehari-hari dapat dilihat pada Gambar 4.

Proses pengolahan tersebut adalah pengkilangan (*milling*) yang menghasilkan minyak sawit mentah cair dan padatan sebelum diolah melalui proses refinasi (*refining*), fraksinasi (*fractionation*) hingga menghasilkan produk konsumsi yang dapat dipergunakan sehari-hari seperti margarine, minyak goreng, sabun dan lain



Gambar 4. Diagram Alir Proses Pengolahan Minyak Kelapa Sawit

sebagainya. Proses refinasi dan fraksinasi yang merupakan pengolahan lanjutan minyak sawit mentah menjadi bahan olahan tidak akan dibahas dalam penelitian ini.

Proses pengkilangan minyak kelapa sawit (*palm oil mill*) adalah suatu proses untuk mendapatkan CPO, tempurungnya dan biji sawit. Proses pengolahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah pengenceran dan penampungan pada proses penjernihan CPO dalam pengkilangan minyak kelapa sawit.

Tahapan-tahapan pengolahan proses pengkilangan minyak dimulai saat buah sawit segar yang baru dipanen, diangkut ke pabrik pengkilangan. Proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit mentah terdiri dari tahap :

1. Pembersihan dan Sortasi

Buah kelapa sawit yang baik adalah yang berasal dari tandan buah yang sudah matang sempurna. Pembersihan dan pemisahan buah dari benda-benda asing dilakukan setelah tandan buah terkumpul di tempat penumpukan sementara. Setelah itu, dilakukan sortasi tandan buah, untuk mendapatkan buah yang memenuhi syarat untuk diolah, yaitu nilai sortasi panennya sebesar 80%. Proses pembersihan dan sortasi dapat juga dilakukan setelah tandan buah segar sampai di tempat penyimpanan.

2. Penimbangan (*weighing*)

Kapasitas penimbangan tandan buah segar berkisar antara 1-10 ton. Kapasitas ini sangat tergantung kepada kapasitas keranjang pengangkut (*lorry*)

dan banyaknya keranjang yang dapat dimuat ke tempat penimbangan. Tetapi ada juga tempat penimbangan yang dilakukan sebelum sortasi buah, sehingga keranjang pengangkut dapat digantikan oleh alat pengangkut tandan buah yang lainnya.

Sebagai contoh, pada Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir, Sumatera Utara, digunakan jembatan timbang yang berkapasitas 2,5 ton. Modifikasi tempat penimbangan di pabrik ini memungkinkan truk pengangkut tandan buah segar ditimbang. Untuk meningkatkan ketepatan penimbangan, maka dewasa ini timbangan yang dioperasikan adalah timbangan digital atau yang dapat dihubungkan dengan komputer (Dirjen Perkebunan, 1995).

3. Penyimpanan

Setelah ditimbang, tandan buah segar dipindahkan ke *loading ramp* sebagai tempat penimbunan sementara sebelum dipindahkan ke keranjang pengangkut. Tandan buah yang telah dipanen sebaiknya segera diolah. Apabila harus disimpan, lama masa simpan sebaiknya tidak lebih dari dua hari, karena penyimpanan yang lebih lama akan merusak minyak yang terkandung di dalam buah. Penyimpanan dilakukan di lokasi penumpukan tandan buah dengan memperhatikan letak penumpukan tandan buah, sehingga tandan buah yang pertama disimpan harus pertama kali diolah.

4. Perebusan (*sterilizing*)

Perebusan bertujuan untuk menghentikan aktivitas enzimatis, menggumpalkan protein dalam buah serta membunuh mikroba. Terhentinya proses enzimatis akan mengurangi kerusakan buah, antara lain akibat penguraian minyak menjadi asam lemak bebas. Penggumpalan protein bertujuan supaya protein tidak ikut terekstrak pada waktu pengepresan minyak. Perebusan juga bermanfaat untuk pengawetan dan memudahkan perontokan buah.

Tahap-tahap perebusan dimulai dengan memasukkan keranjang pengangkut yang berisi tandan buah segar ke dalam bejana perebus. Kemudian pintu bejana perebus ditutup, dikunci dengan *handle* hingga rapat sehingga perebusan dapat dimulai. Masa rebus atau masa sejak pemasukan uap hingga pengeluaran uap merupakan satu kali siklus rebus. Siklus rebus yang merupakan jumlah waktu yang diperlukan dari mulai membuka pintu bejana perebus, mengeluarkan dan memasukkan keranjang pengangkut, menutup kembali pintu dan mengawali proses perebusan hingga berakhir dan pintu bejana perebus dibuka kembali, merupakan tahapan yang penting dalam proses ini (Dirjen Perkebunan, 1995). Siklus rebus dapat dihitung berdasarkan seperti pada persamaan 1 berikut :

$$\begin{aligned} \text{siklus rebus} &= \text{banyaknya rangkaian keranjang} \times \text{kapasitas} \\ &\text{keranjang} \times \Sigma \text{ bejana perebus yang dipunyai} \\ &\times 1 \text{ jam} / \text{kapasitas tandan buah segar} / \text{jam} \dots (1) \end{aligned}$$



Sebagai contoh, pada perebusan di Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir, Sumatera Utara, siklus perebusannya berlangsung sebagai berikut :

$$\text{siklus rebus} = 9 \times 2.5 \text{ ton} \times 4 \times \frac{60 \text{ menit}}{60 \text{ ton}} = 90 \text{ menit}$$

Sementara waktu interval pemasukan uap untuk empat buah bejana perebus adalah 90 menit dibagi empat buah alat, yaitu 22,5 menit.

Dalam satu kali siklus perebusan dapat digunakan pola perebusan dua puncak (*double peak*) atau tiga puncak (*triple peak*). Perbandingan untuk perebusan dua puncak maupun tiga puncak dapat kita lihat pada Tabel 6 sebagai berikut :

Tabel 6. Perbandingan Antara Perebusan Dua Puncak dan Tiga Puncak

	Kategori	Dua Puncak (menit)	Tiga Puncak (menit)
1.	Waktu perebusan	85-90	80-85
2.	Waktu buka tutup pintu	5	5
3.	Deaerasi (proses pembuangan udara)	2,5	2,5
4.	Pemasukan uap dan pembuangan pada puncak 1	20	-
5.	Pemasukan uap dan pembuangan pada puncak 1 dan 2	-	25
6.	Masa penahanan tekanan (<i>hold pressure</i>) 2,8-3,0 kg/cm ²	60	50
7.	Pembuangan uap air	7,5	7,5
9.	Total	90	85

Sumber: Dirjen Perkebunan (1995)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penerjemahan, kritik atau bahan-bahan suatu masalah
b. Pengutipan tidak mengizinkan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Jumlah puncak dalam proses perebusan ditunjukkan dari jumlah pembukaan atau penutupan dari katup pemasukan uap (*steam inlet*) atau dari katup pembuangan uap (*exhaust outlet*). Pengaturan pembukaan atau penutupan ini dapat dilakukan secara manual ataupun otomatis.

Setelah pintu bejana perebus dibuka, serangkaian keranjang pengangkut yang terdiri dari 4-10 keranjang (tergantung kapasitas bejana perebus) dan kapasitas masing-masing keranjang 2,5 ton dimasukkan dengan bantuan penarik mekanis. Kemudian katup pemasukan uap dibuka katup deaerasi dan atau katup kondensat dibuka. Udara yang ada di dalam bejana perebus dibuang dengan memasukkan uap, dan karena berat jenis udara lebih besar daripada uap, maka udara akan turun ke bawah dan dibuang melalui katup deaerasi. Deaerasi sendiri akan berlangsung pada saat pembuangan air kondensat selama sistem perebusan berlangsung.

Frekuensi pembuangan air kondensat dan uap bekas selama proses perebusan tergantung pola rebusan yang dipergunakan. Puncak pertama dicapai dengan membuka katup pemasukan uap selama tujuh menit hingga mencapai tekanan $1,5 \text{ kg/cm}^2$ lalu ditutup. Katup pipa kondensat dan katup pembuangan uap kemudian dibuka secara tiba-tiba sehingga tekanan turun menjadi $0,5 \text{ kg/cm}^2$ (± 3 menit) lalu katup pipa kondensat ditutup. Puncak kedua dicapai setelah 10 menit dengan tekanan $2-2,5 \text{ kg/cm}^2$. Jika tekanan tersebut telah tercapai, maka katup pemasukan uap ditutup, lalu katup pipa kondensat serta katup pembuangan uap dibuka sehingga tekanan turun menjadi 1 kg/cm^2 (± 3 menit).

Setelah melalui satu atau dua puncak awal, maka pemasakan dapat dilanjutkan dengan membuka katup pemasukan uap dan katup pipa kondensat untuk membuang air kondensat. Masa penahanan tekanan dihitung setelah mencapai puncak tertinggi hingga awal pembuangan uap terakhir. Uap yang berada di dalam bejana perebusan kemudian dibuang dengan membuka katup pipa kondensat hingga tekanan mencapai $2,5 \text{ kg/cm}^2$ yang dilanjutkan dengan pembukaan katup pembuangan uap secara tiba-tiba. Letak pipa pembuangan uap ini berada di atas bejana perebusan. Jika tekanan di dalam bejana perebusan telah sama dengan tekanan atmosfer, maka pintu bejana perebusan dapat dibuka. Keranjang pengangkut yang berisi tandan buah segar yang baru direbus dikeluarkan dan diganti dengan yang baru.

Pola perebusan yang umum dipergunakan menurut Guthrie (1995) adalah pola tiga puncak karena pola ini dianggap optimal, dengan waktu perebusan 80-90 menit seperti pada Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir, Sumatera Utara (Perkebunan Nusantara IV, 1997). Akhir proses perebusan buah ditandai dari beberapa gejala, antara lain bau buah yang gurih, empuk dan buah mudah rontok.

5. Pelepasan buah atau perontokan (*threshing*)

Hasil buah rebusan dari bejana perebus kemudian diangkat dengan menggunakan *hoisting crane* lalu kemudian dituang ke dalam alat perontok melalui *hopper*. *Hopper* ini berfungsi untuk menampung hasil buah rebusan

sebelum kemudian suatu alat pemasukan buah otomatis (*autofeeder*) yang akan mengatur jatuhnya buah agar tidak sekaligus. Pelepasan buah dilakukan dengan membanting buah dalam drum yang berputar dengan kecepatan putar 23-25 rpm. Buah yang lepas akan masuk melalui kisi-kisi dan ditampung oleh *fruit conveyor* kemudian oleh elevator dibawa ke *fruit elevator* untuk didistribusikan ke tiap-tiap unit alat peremas (*digester*) oleh *distributing conveyor*. Selanjutnya tandan kosong dibawa ke *incenerator* atau ke *empty bunch hopper* dengan menggunakan *empty bunch conveyor* (Dirjen Perkebunan, 1985).

Sebagai contoh, kapasitas alat perontok buah yang digunakan di Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir, Sumatera Utara mempunyai kapasitas 30 ton tandan buah segar per jam dalam pengolahannya (Perkebunan Nusantara IV, 1997).

6. Peremasan (*digesting*)

Buah yang telah masuk ke dalam alat peremas diaduk sedemikian rupa sehingga sebagian besar daging buah sudah terlepas dari biji. Proses pengadukan dan pelumatan buah terjadi dalam suatu ketel penampung buah yang dilengkapi dengan pisau pencacah daging buah. Proses ini dapat berlangsung dengan baik bila isi ketel selalu dipertahankan penuh.

Sistem pemanas pada alat peremas ini terdiri dari dua jenis, yaitu dengan menggunakan jaket pemanas di sekeliling alat peremas dan yang dilengkapi dengan *bottom plate* untuk mengalirkan minyak yang telah keluar pada saat peremasan berlangsung. Jika minyak yang keluar terlalu banyak, maka proses

peremasan berlangsung tidak sempurna. Minyak bebas dibiarkan keluar secara kontinu melalui lubang dasar ketel. Terhambatnya pengeluaran minyak akan menyebabkan minyak berfungsi sebagai pelumas pisau pencacah. Akibatnya efektivitas pelumatan oleh pisau pencacah akan menurun. Suhu massa alat peremas dipertahankan antara 90°-95°C.

7. Pengepresan atau pengempaian (*pressing*)

Buah yang keluar dari unit peremas dapat dikempa dengan menggunakan pengepres hidrolis (*hydraulic press*) atau dengan menggunakan pengepres berulir (*screw press*) untuk mendapatkan minyaknya. Pada alat pengepres berulir, diatur sedemikian rupa hingga tekanan pengempaannya sekitar 40-60 bar (200-300 kg/cm²). Pada alat ini dapat ditambahkan juga air pengencer bersuhu 90°-95°C sebanyak 15-20 % dari tandan buah segar dan kecepatan penekanan 5-6 kali per menit (Dirjen Perkebunan, 1995). Pengenceran ini berguna untuk menurunkan viskositas minyak sehingga dapat mengalir dengan lancar ke saringan getar. Jika ditemukan ampas minyak tinggi maka kadar air dinaikkan untuk memperoleh komposisi campuran minyak yang tepat. Hal ini dilakukan karena minyak campuran yang kurang encer akan menggumpal di saringan getar (Perkebunan Nusantara IV, 1997).

Hasil pengepresan berupa campuran minyak, air dan padatan bukan minyak (NOS) kemudian dialirkan ke saringan getar (*vibrating screen*) yang merupakan awal dari proses penjernihan (*clarification*) yang akan dibahas pada

sub bab berikut. Ampas kempa dipecahkan dengan menggunakan pemecah ampas kempa (*cake breaker conveyor*) untuk mempermudah pemisahan biji dengan serat. Pemecah ampas kempa ini terdiri dari pedal-pedal yang diikat pada poros berputar. Kemiringan pedal diatur sehingga pemecahan gumpalan-gumpalan terjadi dengan sempurna dan penguapan air berjalan dengan lancar.

Menurut Guthrie (1995), komposisi CPO yang dihasilkan dari pengepresan adalah terlihat pada Tabel 7 sebagai berikut :

Tabel 7. Komposisi Minyak Sawit Mentah

Proses	% Minyak	% Serat	% Air	% Lemak	% Protein	% Karbohidrat
Sentrifusa	70-90	80	10-25	17	1-4	3
Pengepres Hidrolik	65-90	75	10-30	20	3-6	5
Pengepres Berulir	40-75	66	10-40	24	6-25	10
Wet Process	10-25	16	70-85	79	3-7	5

Sumber : Guthrie Plantation & Agricultural (1995)

Kemudian minyak ini diencerkan dengan perbandingan minimal 40 % bagian minyak dari keseluruhan volume dengan suhu minimal 85°C. Setelah melalui proses pengepresan, maka proses pengolahan minyak kelapa sawit ini akan terbagi menjadi dua yaitu pengolahan CPO yang prosesnya disebut pemurnihan (*clarification*) dan pengolahan biji sawit menjadi PKO.

8. Pengolahan Biji

a. Penimbunan Biji (*Nut Silo*)

Pengolahan biji sawit dimulai dari pemeraman biji pada tempat penimbunan biji (*nut silo*). Biji sekeluarnya dari *depericarper* perlu diperam agar mudah dipecahkan dan bagian kernel atau bagian inti sawit terlepas dari cangkangnya (Dirjen Perkebunan, 1995). Suhu pada biji biasanya berbeda tergantung kepada lapisannya, yaitu :

- bagian atas = 70°C,
- bagian tengah = 60°C,
- bagian bawah = 50°C.

b. Pemecahan Biji

Ada dua jenis alat pemecah biji, yaitu tipe *nut cracker* dan tipe *ripple mill*.

Pengoperasian pemecah biji dilakukan dengan mengatur kecepatan yang sesuai dengan ukuran biji, yaitu :

- fraksi kecil < 13 mm : 1400 rpm,
- fraksi tengah = 13- 15 mm : 1300 rpm,
- fraksi besar > 15 mm : 1250 rpm.

Biji yang berasal dari tempat penimbunan biji masuk ke dalam alat pemecah biji dengan cara gesekan melalui rotor. Sementara jika kita menggunakan *ripple mill* maka magnet yang terdapat pada corong harus sering dibersihkan dari logam yang melekat (Dirjen Perkebunan, 1995).

c. Pemisahan Inti dan Cangkang

Pemisahan kernel yang masih bercampur dengan cangkang dilakukan dengan dua cara, yaitu :

Pemisahan kering dengan menggunakan hisapan angin (*pneumatic shell separation*).

Pemisahan basah dengan menggunakan tanah liat (*claybath*) atau dengan menggunakan *hydrocyclone*.

Jika kita akan melakukan pemisahan dengan menggunakan tanah liat, maka mula-mula kita campurkan terlebih dahulu tanah liat (kaolin) yang mempunyai berat jenis 1,13 dengan air. Campuran inti kemudian dimasukkan ke dalam bak dan massa yang memiliki berat jenis lebih dari 1,13 akan turun ke dasar *cone* dan dipompakan ke alat penapis cangkang untuk selanjutnya dikirim ke *shell hopper*. Bagian inti yang mengapung karena berat jenisnya kurang dari 1,1 dialirkan ke talang penapis dan dikirim *silo kernel* untuk dikeringkan. Pemisahan kernel dapat berlangsung dengan baik jika berat jenis cairan dipertahankan 1,13 dan tetap menggunakan tanah liat yang dapat membentuk larutan koloid.

Pada pemisahan dengan menggunakan *hydrocyclone*, *cracked mixture* masuk ke dalam *winowing* dan dengan gaya berat kernel dan cangkang kasar masuk ke dalam bak air sehingga benda-benda berat lainnya berupa batu-batu jatuh ke bawah dan ditampung sedangkan benda-benda ringan seperti abu, cangkang dan kernel halus terhisap masuk ke dalam *cyclone* dan



melalui *air lock* masuk ke dalam silo cangkang. Sampah-sampah yang melekat pada *dewatering drum* harus selalu dibersihkan. Penambahan air dilakukan secara kontinu agar permukaan air tetap pada batas yang telah ditentukan, jika prosentase kernel dalam cangkang terlalu tinggi maka *vortex finder* diturunkan sebaliknya jika prosentase cangkang dalam kernel tinggi maka *vortex finder* dinaikkan (Dirjen Perkebunan, 1995).

@Hak cipta milik IPB University

Satu tahap yang terpisah tetapi berhubungan dengan pengolahan endapan adalah *desanding*. Menurut Guthrie (1995), tahap ini merupakan tahap memisahkan pasir yang penting untuk merawat *nozzle*. Operasi *desanding* yang optimum adalah mempertahankan turunnya tekanan hingga 30 psi sepanjang *desanding cyclone*. Jika tekanan masuknya 45 psi, maka tekanan keluarannya dipertahankan sebesar 15 psi. Dua jenis *desanding* yang biasanya digunakan adalah tipe Alfa Laval dan Westfalia, dimana keduanya bekerja berdasarkan prinsip *hidrocyclone*.

d. Pengeringan Inti

Pengeringan kernel sawit dilakukan secara bertingkat, yaitu pada kernel hasil pemisahan cara basah suhu pada tingkat atas, tengah dan bawah berturut-turut 70°-80°C, 60°-70°C dan 50°-60°C sesuai dengan suhu alat pengering (Dirjen Perkebunan, 1995).



e. Penyimpanan Kernel / Penimbunan Kernel

Produksi kernel ditimbun dalam *kernel bin* selanjutnya disimpan dalam karung goni yang kelembaban udara diatur tidak lebih dari 70% atau ditimbun di *bulk kernel silo* dimana pengiriman ke tempat penjualan dengan sistem curah (Dirjen Perkebunan, 1995).

Diagram alir proses pengkilangan minyak sawit mentah dapat dilihat pada

Gambar 5.

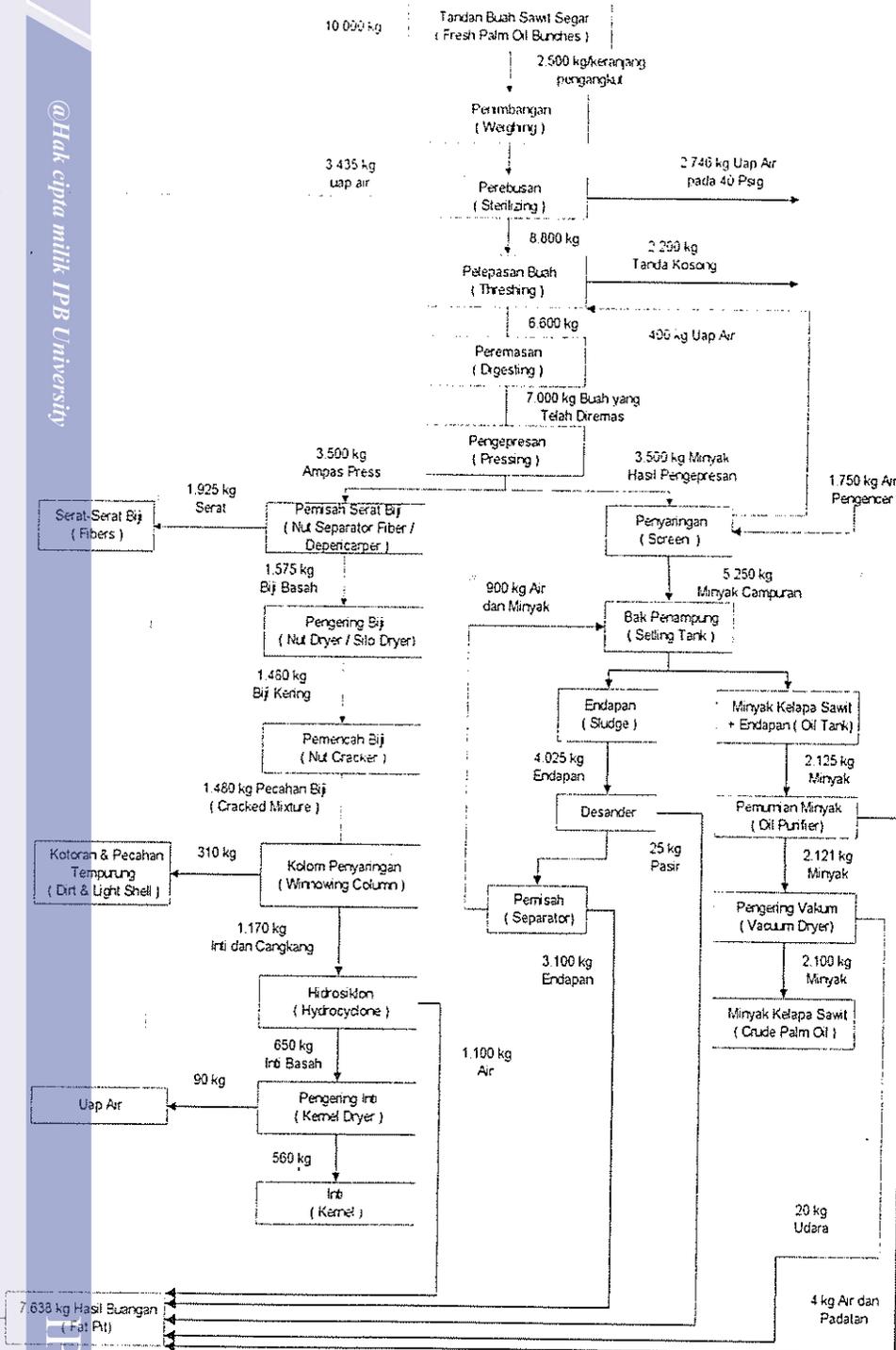
C. PROSES PENJERNIHAN MINYAK SAWIT MENTAH

Penjernihan minyak sawit mentah atau yang umum dikenal sebagai *clarification*, didefinisikan sebagai proses pemanasan dan pembersihan minyak (Guthrie, 1995).

Tujuan perlakuan ini adalah untuk memasak minyak dan memisahkan kotoran dan air serta meminimumkan minyak yang hilang dalam proses. Pada proses penjernihan di atas tidak boleh terjadi kondensasi uap air karena akan meningkatkan kadar air pada minyak. Pemanasan juga bertujuan untuk mencegah pembekuan minyak pada proses selanjutnya.

Secara garis besar, proses penjernihan ini dimulai dari penampungan minyak yang dihasilkan pengepresan hingga menjadi CPO yang ditampung dalam tangki penimbunan. Selain itu proses penjernihan ini akan terbagi dua yaitu proses

@Hak cipta milik IPB University



Gambar 5. Diagram Alir Proses Pengkilangan Minyak Kelapa Sawit

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

pengolahan minyak dan proses pengolahan endapan (*precleaner*). Secara umum proses penjernihan ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Talang Penampung Minyak (*Crude Oil Gutter*)

Minyak yang keluar dari *screw press* ditampung dalam talang penampungan minyak sebelum dialirkan ke saringan getar (*vibrating screen*). Dalam talang penampungan ini dapat dilakukan pengenceran dengan berbagai perbandingan minyak dengan air, antara lain dengan penambahan air 15-20 % (Perkebunan Nusantara IV, 1997) hingga 25-35 % (Lim dan Nicholas, 1987). Penambahan air ini akan menghasilkan total kandungan air dalam minyak sawit mentah sebesar 58-61,82 % hingga 65-70 %. Perbandingan CPO dan air lainnya dalam proses pencampuran menurut J. J. Olie dan T. D. Tjeng yang dikutip Guthrie (1995) adalah 50-55 % bagian air dengan suhu tinggi (95°C). Perbandingan umum yang saat ini digunakan adalah 1:1 antara minyak dengan air, meskipun ada kecenderungan yang cukup tinggi untuk menggunakan perbandingan 40:60 untuk CPO dengan air.

Proses pengenceran juga dapat dilakukan pada proses pengepresan, yaitu pada waktu pembilasan *press cage* pada *screw press* secara kontinu, yang disemprotkan pada bagian atas saringan getar dan dengan injeksi uap pada *continuous settling tank*. Pada proses pengenceran di *screw press*, suhu pengenceran dipertahankan antara 90°-95°C agar viskositas minyak akan turun dan dapat mengalir ke *crude oil gutter* lebih cepat karena menjadi lebih encer.

Untuk mengetahui ketepatan pengenceran air, maka biasanya di pabrik kelapa sawit dilakukan pengambilan contoh CPO yang masuk ke saringan getar (Perkebunan Nusantara IV, 1997).

2. Pemisahan (*Screening*)

CPO yang telah diencerkan pada proses sebelumnya, kemudian dialirkan ke saringan getar agar bahan asing seperti pasir, serabut dan bahan-bahan lain yang masih mengandung minyak terpisah dan dikembalikan ke *digester* atau dibuang. Minyak yang telah disaring oleh saringan getar biasanya ditampung terlebih dahulu pada tangki penampungan (*crude oil reception tank*) sebelum dialirkan ke tangki penjernihan. Meskipun CPO telah disaring, tetapi masih terdapat endapan-endapan halus yang lolos dari alat penyaring.

Saringan getar yang digunakan oleh Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir, Sumatera Utara menggunakan penyaring yang berukuran mesh 30 pada bagian atasnya dan mesh 40 pada bagian bawahnya. Pada tangki penampungan, biasanya dipasang alat pengontrol pengenceran (*water dilution control*) untuk mengontrol kadar komposisi minyak, air dan kandungan endapan. Dengan menggunakan alat ini jumlah air pengencer dapat ditentukan secara optimal dan kandungan endapan dapat diminimumkan sehingga efisiensi ekstraksi minyak dapat diperoleh maksimal (Guthrie, 1995).

3. Penampungan pada Tangki Penjernihan (*Setling Tank*)

CPO pada tangki ini merupakan minyak hasil penampungan aliran CPO yang telah disaring oleh saringan getar dan ditampung oleh tangki penampungan. Pada tangki penjernihan ini, minyak masih bersatu dengan endapan yang berukuran kecil dan lolos pada proses penyaringan diatas. Fungsi dari tangki ini adalah untuk mengendapkan endapan yang terkandung dalam CPO.

Jenis tangki penjernihan ini ada dua macam, yaitu *continuous settling tank* dan *vertical settling tank*. Pada *continuous settling tank*, biasanya terdiri dari tiga bilik yang disekat sehingga sawit mentah masuk pada bilik pertama, kemudian jika telah mencapai batas tinggi sekat antara bilik pertama dan kedua minyak akan melimpah ke bilik kedua. Demikian dengan pengaliran minyak dari bilik kedua ke bilik ketiga. Sementara pada *vertical settling tank*, aliran minyak yang masuk dapat terjadi secara gravitasi atau lewat pipa yang dipasang di tengah tangki.

Kecepatan naiknya partikel CPO hasil pengenceran dapat disesuaikan dengan hukum Stokes sebagai berikut :

$$V = \frac{(d_2 - d_1) g D^2}{18 \mu} \dots(2)$$

V	=	kecepatan partikel minyak yang berdiameter D,
g	=	gaya gravitasi (9,81 m/detik ²),
D	=	diameter partikel minyak,
d1	=	berat jenis partikel minyak,
d2	=	berat jenis kotoran,
μ	=	viskositas medium.



Dari persamaan ini dapat dilihat bahwa kecepatan partikel minyak berbanding lurus dengan pangkat dua diameter partikel minyak dan perbedaan berat jenis minyak dengan kotoran serta berbanding terbalik dengan viskositas medium. Khusus untuk perbedaan berat jenis, karena sulitnya mengukur berat jenis minyak dan kotoran pada medium non homogen, maka menurut Guthrie (1995) ditentukan sebesar $0,011 \text{ g/cm}^3$ pada suhu $85^{\circ}\text{-}98^{\circ}\text{C}$. Penaikan suhu dibatasi hingga 100°C yang merupakan titik didih air (Perkebunan Nusantara IV, 1997). Pemanasan dilakukan dengan menggunakan saluran uap pemanas tertutup. Ada pula pemanasan yang menggunakan saluran uap pemanas terbuka dengan sistem injeksi khusus untuk pemanasan cepat, biasanya digunakan pada saat awal beroperasi (Guthrie, 1995).

Prinsip dasar dalam membuat suatu tangki penjernihan menurut Guthrie (1995) adalah membuat suatu disain tangki yang mempunyai kedalaman yang cukup dan mampu menampung endapan bukan minyak. Parameter penting yang perlu diperhatikan dalam membuat suatu tangki penjernihan adalah campuran air sebesar 50 % atau lebih dari CPO, kapasitas untuk waktu pengendapan minimal dua jam, mempertahankan suhu tinggi antara $90^{\circ}\text{-}95^{\circ}\text{C}$ serta aliran masuk campuran minyak kasar. Apabila hal-hal diatas terpenuhi, maka menurut Guthrie (1995), akan diperoleh tambahan minyak dari padatan bukan minyak sebesar 10-12%.

Kapasitas tangki rekomendasi dari Stork yang dikutip dari Guthrie (1995) adalah $1 \text{ m}^3/\text{ton}$ tandan buah segar. Guthrie Plantation sendiri dengan kapasitas

pengolahan 30.000 ton/jam menggunakan tangki yang berkapasitas 18.000 ton sebanyak dua buah. Sementara rekomendasi dari studi di Malaysia yang dikutip dari Guthrie (1995), menunjukkan bahwa daerah potongan ideal adalah 1 m²/1.000 ton tandan buah segar per jam. Tetapi sebagian besar disain yang digunakan berkisar antara 0,5 m²/ 1.000 ton tandan buah segar per jam dengan ketinggian tangki sekitar 4-5 meter dan waktu pengendapan dapat mencapai 4-5 jam.

Penempatan pengutip minyak (*oil skimmer*) diletakkan antara batas pengambilan minyak dengan bagian atas pipa pengambilan endapan yang tebalnya berkisar antara 140-180 mm (Guthrie, 1995). Pemilihan ketinggian pengutipan ditentukan oleh lapisan minyak pada tangki penjernihan. Pengutip minyak diletakkan pada kedudukan tinggi jika lapisan minyak cukup tebal. Jika lapisan minyak cukup tebal, maka minyak yang dihasilkan akan lebih bersih dan kering sehingga hasilnya lebih baik daripada minyak yang lapisannya tipis.

Katup pengeluaran minyak murni digunakan untuk mengalirkan minyak ke tangki minyak murni (*pure oil tank*). Katup yang selalu terbuka ini dapat ditutup untuk mempertahankan minyak yang lebih bersih atau untuk menjaga agar endapan tidak ikut terbawa (Guthrie, 1995). Sementara katup pembuangan endapan biasanya selalu tertutup. Pembersihan tangki dari endapan biasanya dilakukan setiap pagi sebelum proses pengolahan dimulai dengan membuka katup pengeluaran selama 5-10 detik atau lebih jika perlu, dan dilakukan pembersihan tangki secara berkala.

4. Pemurnian Minyak (*Oil Purifier*)

Oil purifier adalah alat untuk membersihkan endapan (NOS) dari minyak dengan cara sentrifuse. Fungsi dari *oil purifier* adalah untuk memisahkan endapan yang melayang atau beremulsi dalam minyak dan mengurangi kadar air yang terkandung dari 0,80 % menjadi 0,40 % dalam minyak sehingga kadar kotoran minyak menjadi lebih kecil dari 0,20 % menjadi 0,02% (Dirjen Perkebunan, 1995 dan Guthrie, 1995).

Pemasukan minyak untuk proses ini berasal dari minyak yang berada di bagian atas tangki penjernihan. Suhu dalam *oil purifier* dipertahankan pada suhu 80°-85°C (Guthrie, 1995) hingga 90°-95°C (Dirjen Perkebunan, 1995) dengan aliran limpahan minyak dari pengutip minyak. Untuk mengatur agar minyak yang masuk tidak terlalu banyak atau kurang biasanya dipasang keran manual sehingga banyaknya minyak pada *oil purifier* terjaga. Pembersihan *oil purifier* dilakukan setiap dua jam, tergantung kadar kotoran pada bagian bawah tangki (Guthrie, 1995). Bagian bawah tangki beserta salurannya dicuci minimal seminggu sekali.

Cara kerja alat ini adalah dengan mengalirkan minyak ke alat sentrifusa yang akan berputar dengan kecepatan 2000 rpm selama lima menit sehingga akan memisahkan minyak dari air dan endapannya. Minyak bersih kemudian dipompakan ke tangki penimbun, sementara air dan kotorannya dikembalikan ke dalam tangki penjernihan. Proses ini dapat menggunakan tipe *De Laval* yang

berkapasitas besar (Hartley, 1967) yang menghasilkan minyak dengan kadar kotoran sebesar 0,01%.

5. Pengering Hampa (*Vacuum Dryer*)

Pengering hampa adalah alat untuk mengeringkan minyak dengan cara hampa udara yang dilengkapi dengan pencatat tingkat kehampaan udara dan termometer (Dirjen Perkebunan, 1995). Tujuan pengeringan hampa ini adalah untuk mengurangi kadar uap air minyak hingga kurang dari 0,20 % (Guthrie, 1995). Pengeringan dengan pengering hampa dilakukan karena dapat memisahkan uap air pada suhu yang lebih rendah.

Cara pengeringan ini adalah minyak yang mengalir dari *oil purifier* pada suhu 90°-95°C, dipompa dan ditampung dalam *float tank* untuk seterusnya dihisap oleh pengering hampa. Dibawah pelampung terpasang *toper spindle* untuk mengatur minyak yang disalurkan ke bejana pengering hampa sehingga kehampaan alat ini tetap terkendali 50 Torr (Dirjen Perkebunan, 1995). Menurut Guthrie (1995) bagian dalam pengering hampa ini harus dipertahankan pada tekanan -75 hingga -76 cmHg dengan menggunakan *steam ejector* atau pompa hampa dan suhunya berkisar antara 80°-85°C. Kemudian melalui *nozzle* minyak akan disemurkan ke dalam bejana sehingga penguapan minyak akan berlangsung lebih sempurna. Untuk menjaga keseimbangan minyak masuk dan keluar, dari bejana digunakan *front valve* di bagian bawah bejana. Minyak

kering yang terkumpul di bagian dasar bejana akan disalurkan melalui pompa ke tangki timbun.

6. Penimbunan Minyak Dalam Tangki Timbun (*Oil Storage Tank*)

Minyak sawit disimpan dalam tangki timbun dengan suhu 40°-45°C dan setiap hari dilakukan pengujian mutu. Tangki timbun secara periodik, yaitu satu tahun dilakukan pengurasan (Dirjen Perkebunan, 1995).

7. Tangki Lumpur (*Sludge Tank*)

Tangki lumpur berfungsi untuk memisahkan lumpur yang terbawa pada tangki pemisah. Prinsip kerjanya sama seperti pada pemisahan inti dan cangkang dengan menggunakan tanah liat, yaitu memisahkan minyak dengan lumpur berdasarkan berat jenis pada suhu sekitar 90°-95°C. Lumpur yang mengendap pada bagian bawah tangki ini kemudian dibuang. Kadar minyak di tangki ini adalah 14 % maksimal, sementara Guthrie (1995) menyarankan agar kadar minyak yang terkandung maksimal 12 % dengan suhu 85°C. Jika kadar minyak lebih dari 14 %, maka ada ketidakberesan pada proses sebelumnya (Perkebunan Nusantara IV, 1997).

8. *Self Strainer*

Pada *strainer*, sampah-sampah halus yang masih tersisa pada tangki lumpur dipisahkan dengan cara melewatkan endapan melalui silinder yang

dilengkapi dengan sikat-sikat kawat di dalamnya, sehingga sampah halus akan tertahan di sana. Dari *self strainer* ini minyak dipompakan ke *sand cyclone* untuk diolah lebih lanjut (Dirjen Perkebunan, 1995).

9. *Sand Cyclone*

Sand cyclone akan memisahkan pasir-pasir halus dalam slude dengan menggunakan prinsip pemisahan *cyclone separator*, yaitu pemisahan akibat adanya gaya sentrifugal. Hasilnya akan menyebabkan *slude* mengambang di atas dan pasir mengendap di bawah. Pasir halus yang mengendap akan di buang secara berkala dan otomatis. Alat ini akan bekerja dengan baik jika perbedaan tekanan endapan masuk dan keluar menunjukkan dua bar (Dirjen Perkebunan, 1995).

10. Pemisah Lumpur (*Sludge Separator*)

Fungsi pemisah lumpur adalah memisahkan komponen minyak, air dan kotoran. Pemisahan komponen-komponen di atas terjadi akibat putaran sentrifuse ini. Kemudian lumpur yang mengendap dibuang, sementara minyaknya dialirkan kembali ke tangki penjernihan. Cairan dan ampas yang mempunyai berat jenis yang lebih tinggi dari minyak terdorong ke bagian dinding dan keluar melalui *nozzle*. Endapan yang menempel pada dinding dibersihkan, baik secara manual maupun otomatis (Dirjen Perkebunan, 1995).

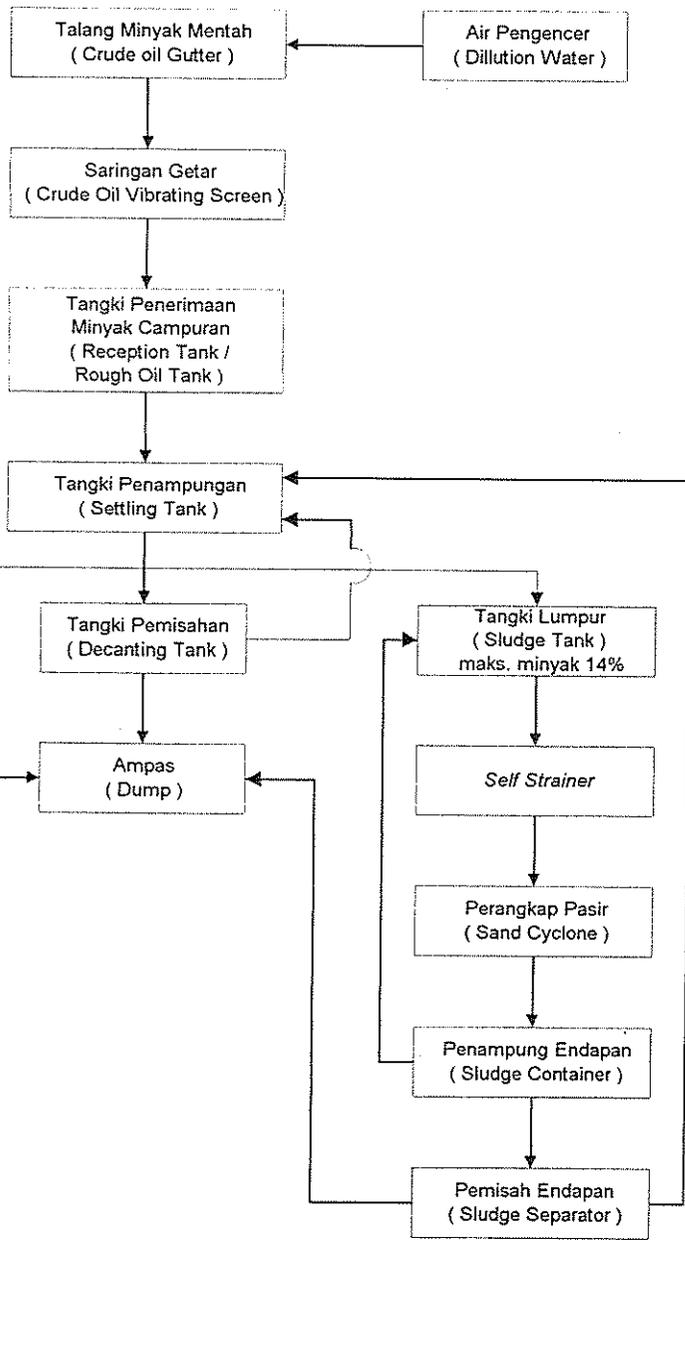
Hal-hal yang perlu diperhatikan antara lain adalah suhunya harus tetap dijaga 90°-95°C. Sementara penggunaan air panas bersuhu 90°-95°C sebagai penyeimbang dilakukan dengan berpedoman pada pelampung. Pembebanan kerja alat baru dapat dilakukan setelah mesin berputar normal dengan menghitung petunjuk putaran. Pencucian *bowl* harus dilakukan secara periodik sesuai dengan kebutuhan, sementara pembersihan dan pemeriksaan menyeluruh dilakukan setiap hari.

11. Bak Penampung Endapan (*Fat Pit*)

Bak ini merupakan bak penampungan kotoran yang berasal dari seluruh proses pengolahan minyak, mulai dari *decanter*, tangki penjernihan, *oil purifier* dan pemisah lumpur. Menurut Dirjen Perkebunan (1995), pembersihan dan pemeriksaan dilakukan secara berkala minimal sebulan sekali.

Diagram alir pada proses penjernihan ini dapat dilihat pada Gambar 6.

Hasil akhir CPO tergantung dari kualitas buah dan proses pengambilan CPO yang digunakan. Perbedaan kisaran komposisi air, minyak dan padatan bukan minyak tersebut tergantung dari kualitas tandan buah segar, proses perebusan, peremasan dan pengempaan. Menurut Guthrie (1995), karena sulitnya mengetahui komposisi CPO, maka tangki-tangki untuk proses penjernihan yang digunakan harus mampu menampung kisaran yang cukup besar.



Gambar 6. Diagram Alir Proses Penjernihan (*Clarification*)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumbernya
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

CPO yang telah dihasilkan oleh pabrik belum dapat langsung digunakan karena masih membutuhkan pengolahan lebih lanjut. Tetapi proses pengkilangan minyak kelapa sawit telah selesai dengan dihasilkannya CPO yang telah dijernihkan lewat proses penjernihan seperti di atas.

D. KONTROL OTOMATIS

Kontrol menurut Sarwono dan Subrata (1991), merupakan usaha pengaturan operasi-operasi terhadap obyek atau proses agar hasilnya sesuai dengan yang diinginkan. Sementara itu, menurut Frans Gunterus (1994) yang mengacu kepada Kamus Besar Bahasa Indonesia (1991), kontrol diistilahkan menjadi pengendalian. Pengontrolan menurut Frans Gunterus (1994) adalah usaha melakukan empat langkah tahapan proses, yaitu :

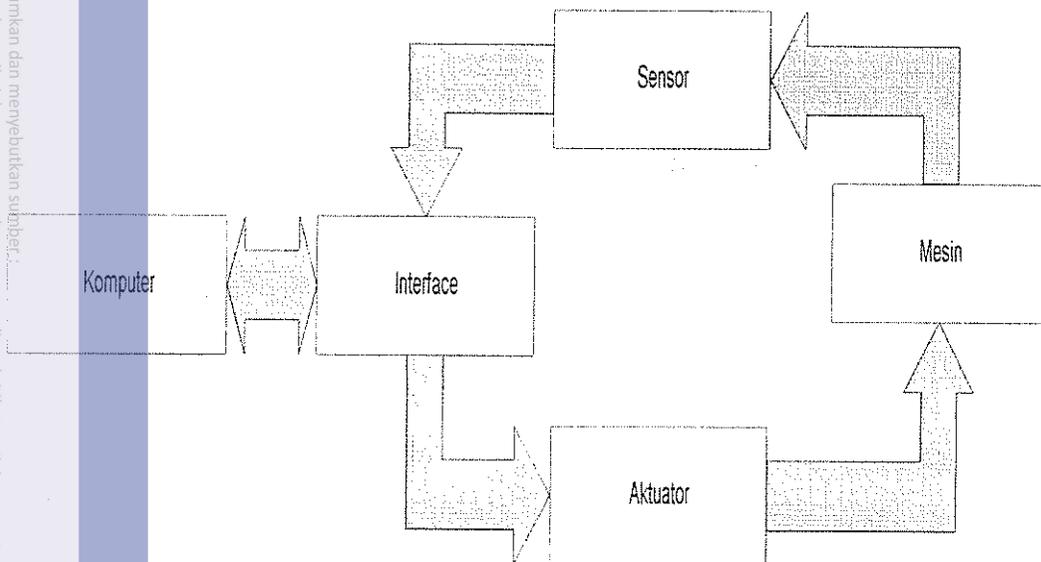
- mengukur,
- membandingkan,
- menghitung,
- mengoreksi.

Istilah otomatis sendiri menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1991), adalah alat atau mesin yang dapat bergerak atau bekerja sendiri. Bila kedua istilah diatas digabungkan, maka kontrol otomatis menjadi suatu usaha pengaturan atau pengendalian operasi-operasi terhadap obyek atau proses dengan menggunakan alat

atau mesin yang dapat bergerak atau bekerja sendiri, sehingga hasilnya sesuai yang diinginkan. Menurut Carlson dan Gisser (1981), kontrol otomatis dibentuk dari suatu rangkaian umpan balik (*feedback*), yang dapat melakukan koreksi sendiri.

Rangkaian umpan balik merupakan suatu sistem yang sangat penting dalam pengontrolan secara otomatis, karena hasil keluaran akan dikombinasikan atau dibandingkan dengan masukan, sehingga didapatkan keluaran hasil yang diinginkan. Hal ini sulit dilakukan tanpa bantuan umpan balik (Carlson dan Gisser, 1981).

Diagram kotak suatu umpan balik terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Diagram Alir Kontrol Otomatik Menggunakan Komputer

Menurut Frans Gunterus (1994) sistem rangkaian umpan balik ini ada dua macam, yaitu :

1. Umpan balik positif (*positive feedback*)

Umpan balik positif dihasilkan jika sinyal yang dikehendaki ditambahkan pada sinyal yang terukur. Konsekuensi dari umpan balik positif ini menurut Carlson dan Gisser (1981) adalah ketidakteraturan sistem yang mengarah ke suatu situasi yang berbahaya. Oleh karena itu, maka umpan balik positif ini harus dihindari.

2. Umpan balik negatif (*negative feedback*)

Umpan balik negatif terjadi jika sinyal yang dikehendaki dikurangi oleh sinyal yang terukur. Pada sistem dengan umpan balik negatif ini, perbandingan keluaran hasil bergerak secara proporsional sesuai dengan perbedaan sinyal masukan (sinyal yang dikehendaki) dengan sinyal keluaran atau sinyal yang terukur (Carlson dan Gisser, 1981). Karena sistem ini dapat memperbaiki sendiri hasil keluarannya, maka sistem ini mempunyai dua nama lain, yaitu sistem loop tertutup atau sistem pengendalian otomatis. Sistem kontrol loop tertutup terjadi jika perintah dalam tahapan koreksi dilakukan oleh instrumen, bukan manusia. Menurut Carlson dan Gisser (1981), hasil keluaran dari sistem dengan loop tertutup ini mempengaruhi masukan setelah dibandingkan terlebih dahulu.

Sedikit perbedaan antara Carlson dan Gisser (1981) dengan Frans Gunterus (1994) dalam mengistilahkan sistem kontrol loop terbuka, dimana Frans Gunterus menyatakan sistem kontrol tersebut terbuka jika perintah

dalam tahapan koreksi dilakukan oleh manusia, sementara menurut Carlson dan Gisser sistem tersebut didasarkan pada pengaruh keluaran terhadap masukan, sehingga sistem ini tidak memperhatikan umpan balik.

Sejalan dengan perkembangannya, teori pengontrolan otomatis menurut Faurre (1991), ada dua macam :

1. Teori kontrol klasik (*classical control theory*)

Teori ini berkembang sekitar tahun 1930-an, sejalan dengan perkembangan elektronika analog. Teori ini ditunjang dengan pengetahuan mengenai pengaturan secara mekanis dan elektronik.

2. Teori kontrol modern (*modern control theory*)

Teori ini berkembang setelah tahun 1955 dengan memanfaatkan perkembangan elektronika digital dan komputer. Dengan menggunakan teori ini, maka optimasi kontrol telah yang ada disempurnakan lagi.

Berkembangnya teknologi kontrol modern ditunjang dengan pesatnya perkembangan elektronika digital dan komputer mengakibatkan meningkatnya pengaplikasian teknologi pengontrolan secara otomatis dengan menggunakan bantuan perangkat komputer, terutama untuk industri. Pemanfaatan teknologi digital saat ini terutama memanfaatkan bantuan komputer antara lain dilakukan oleh

Diwan Ariana Prima (1987), yang membuat suatu disain model dan uji teknis pengontrolan kadar air tanah dengan menggunakan komputer. Sementara Fajar Nurjaman (1987) membuat suatu model pencucian kentang otomatis dengan bantuan komputer. P. S. Sethi (1995) dalam prosiding Konferensi Otomatisasi Pengolahan Pangan ke-IV (*Food Processing Automation IV Conference*) di Chicago, Illinois, Amerika Serikat membawakan makalah hasil penelitiannya mengenai cara menghilangkan kristalisasi madu dengan pemanasan yang dapat diprogram oleh komputer.

Arah perkembangan dari teknologi digital dan komputerisasi dalam lingkungan industri pada saat ini adalah otomatisasi sistem. Sistem yang digunakan dalam melakukan otomatisasi industri menurut Sharon, Harstein dan Yantian (1987), ada dua macam. Sistem tersebut antara lain adalah :

1. *Flexible Manufacturing Systems (FMS)*, suatu sistem dimana sebuah jalur dimanfaatkan untuk melakukan proses berbagai jenis produk dengan melakukan penyesuaian peralatan dan perangkat lunaknya.
2. *Disposable Factory*, suatu sistem dimana pihak industri melakukan proses produksi yang dilakukan secara otomatis dengan total dan mengintegrasikan aliran informasi sehingga membentuk *Computerized Integrated Manufacture (CIM)*.

Otomatisasi dengan sistem CIM ini merupakan pengintegrasian dari berbagai macam aplikasi, baik perencanaan, pengontrolan proses produksi industri, pembangunan sistem informasi dan lain sebagainya yang berbasis komputer. Untuk proses industri, aplikasi penggunaan komputer diistilahkan menjadi *Computer Aided Manufacture (CAM)*, dimana pengontrolan proses dilakukan dengan tuntunan program yang diberikan sehingga mesin dapat melakukan dan mengontrol pekerjaan-pekerjaan yang kita inginkan (Sharon, Harstein dan Yantian, 1987).

E. BAHASA PEMROGRAMAN

Bahasa pemrograman merupakan alat berkomunikasi antara lingkungan manusia dengan lingkungan komputer (Sharon, Harstein dan Yantian, 1987). Perbedaan yang cukup besar antara bahasa untuk berkomunikasi biasa antar manusia dengan bahasa pemrograman terletak pada perbedaan perbendaharaan kata, sintaksis dan lingkungan penggunaannya. Dengan demikian bahasa pemrograman tidak hanya merupakan alat komunikasi antara manusia dengan komputer saja, tetapi memungkinkan manusia menyusun konsep dasar pemikiran kita. Kegunaannya lagi adalah bahwa dengan menggunakan bahasa pemrograman inilah komputer dapat mengerti instruksi yang kita perintahkan.

Bahasa pemrograman yang dipergunakan adalah Advantech Genie 2.1 yang memudahkan pembacaan data hasil pengukuran, sekaligus memudahkan kita

melakukan penyesuaian keadaan dengan beberapa baris program. Perangkat lunak ini terdiri dari dua macam, yaitu Genie Strategy Editor untuk pemrogramannya, serta Genie Runtime untuk pengontrolan dan akuisisi data program kita (Advantech, 1993).

Pemrograman pada proses pencampuran ini dilakukan untuk memperoleh tegangan keluaran untuk merubah putaran pompa. Advantech Genie 2.1 ini merupakan bahasa tingkat tinggi sehingga penggunaanya tidak perlu memahami proses yang terjadi di komputer. Keuntungan penting dari penggunaan perangkat lunak ini adalah instalasi yang mudah, penyusunannya yang mudah, dapat membuat program yang mudah dijalankan pada sistem operasi berbasis Windows (minimal Windows 3.1), dapat dijalankan dalam sistem jaringan, fasilitas pemrograman yang cukup lengkap yang ditandai dengan adanya *shortcut icon*, sistem yang dapat digerakkan oleh mouse, tampilan yang cukup baik pada monitor dan dapat diatur sesuai dengan keinginan pemrogram, dapat memungkinkan terjadinya perubahan yang dikehendaki pengguna secara dinamis lewat keyboard maupun mouse, serta yang terpenting adalah dapat memperoleh hasil secara langsung ketika dijalankan.

Keuntungan lain dari penggunaan Advantech Genie 2.1 antara lain adalah bentuknya yang baku (karena berada dalam basis sistem operasi Windows), kerjasamanya antar aplikasi yang dinamik dalam *Dynamic Data Exchange (DDE)*, *Object Linking and Embeded (OLE)*, *Dynamically Linked Library (DLL)* serta sistemnya yang *multitasking* (Advantech, 1995). Hal lainnya yang menguntungkan

adalah instalasi program yang cepat dan mudah. Perangkat lunak ini juga mutlak membutuhkan perangkat keras pengontrolan yang telah terpasang keluaran Advantech Corp.

Fasilitas OLE ini yang dimiliki oleh Advantech Genie 2.1 mempermudah penyusunan program pengontrolan yang akan dilakukan. Hal ini disebabkan karena OLE akan melakukan pendekatan dengan metode *event-driven*, dimana program akan dijalankan setelah karena ada kejadian tertentu dan pelaksanaannya diatur oleh Windows. Misalnya dengan adanya tekanan pada tuts keyboard yang menyebabkan adanya respon dari Windows dan dijalkannya tindakan-tindakan yang sesuai.

Fasilitas penting yang lain adalah DLL. Dengan menggunakan fasilitas ini data hasil pengontrolan dapat dilihat dengan menggunakan program lain yang berada dalam lingkungan Windows, seperti Microsoft Excel atau bahkan Notepad, sehingga dapat memudahkan pengolahan data hasil pengontrolan.

Dalam Genie Strategy Editor, terdapat memiliki fasilitas *strategy editor blocks* (SEB), yang memudahkan kita mengatur pengontrolan dan akuisisi data. Masing-masing simbol (*icon*) pada SEB ini mempunyai fungsi tertentu. Misalnya seperti yang dipergunakan dalam proses pengenceran, untuk menghasilkan tegangan keluaran digunakan simbol *Analog Output* (AO), untuk tegangan masukan digunakan simbol *Analog Input* (AI), untuk menghasilkan keluaran sinyal digital digunakan simbol *Digital Output* (DO), untuk masukan sinyal digital digunakan simbol *Digital Input* (DI), untuk memasukkan data pembacaan suhu dari termokopel digunakan *Temperature* (Temp), untuk menjalankan peralatan secara

mati hidup dapat menggunakan *On/Off Control* (ONF), untuk menjalankan waktu dapat menggunakan fasilitas *Timer* (ET) dan data-data hasil pengukuran dapat secara otomatis disimpan dalam bentuk teks yang berakhiran .log dengan menggunakan fasilitas *File Log* (Log).

Genie ini juga mempunyai fasilitas tampilan yang dapat diatur sedemikian rupa sesuai dengan kehendak penggunanya. Fasilitas tampilan ini selain dapat menampilkan hasil pengontrolan dalam bentuk angka, juga dapat menampilkan fasilitas grafik. Dari fasilitas tampilan yang ada, juga dapat mempengaruhi proses pengontrolan, misalnya adanya fasilitas tombol untuk memicu hidup matinya proses, fasilitas *Analog Meter*, *Slider Display* atau mengubah proses secara *event drive* dengan menggunakan *Numeric Control Display Item* (NCTL) yang perubahannya dapat dilakukan dengan mengetikkan angka yang dikehendaki atau dengan mengklik mouse untuk menaikkan atau menurunkan angka.

Fasilitas lain yang disediakan adalah *User Program* (PRG), yang memungkinkan kita menambahkan operasi matematika pada program kita. Fasilitas pada SEB ini dapat dihubungkan satu sama lain termasuk juga terhadap PRG ini. Masukan dan keluaran maksimal yang dapat ditampung oleh PRG ini adalah 8 jalur. PRG ini dapat mengenali kata-kata kunci sederhana seperti *if*, *else*, *while*, *output*, *skip*, *stop*, *display* dan *substr*. Hal lainnya yang dikenali adalah variabel dari a-z atau dari a1 hingga z9 dan nama dari masing-masing simbol yang dipergunakan (Advantech, 1995).



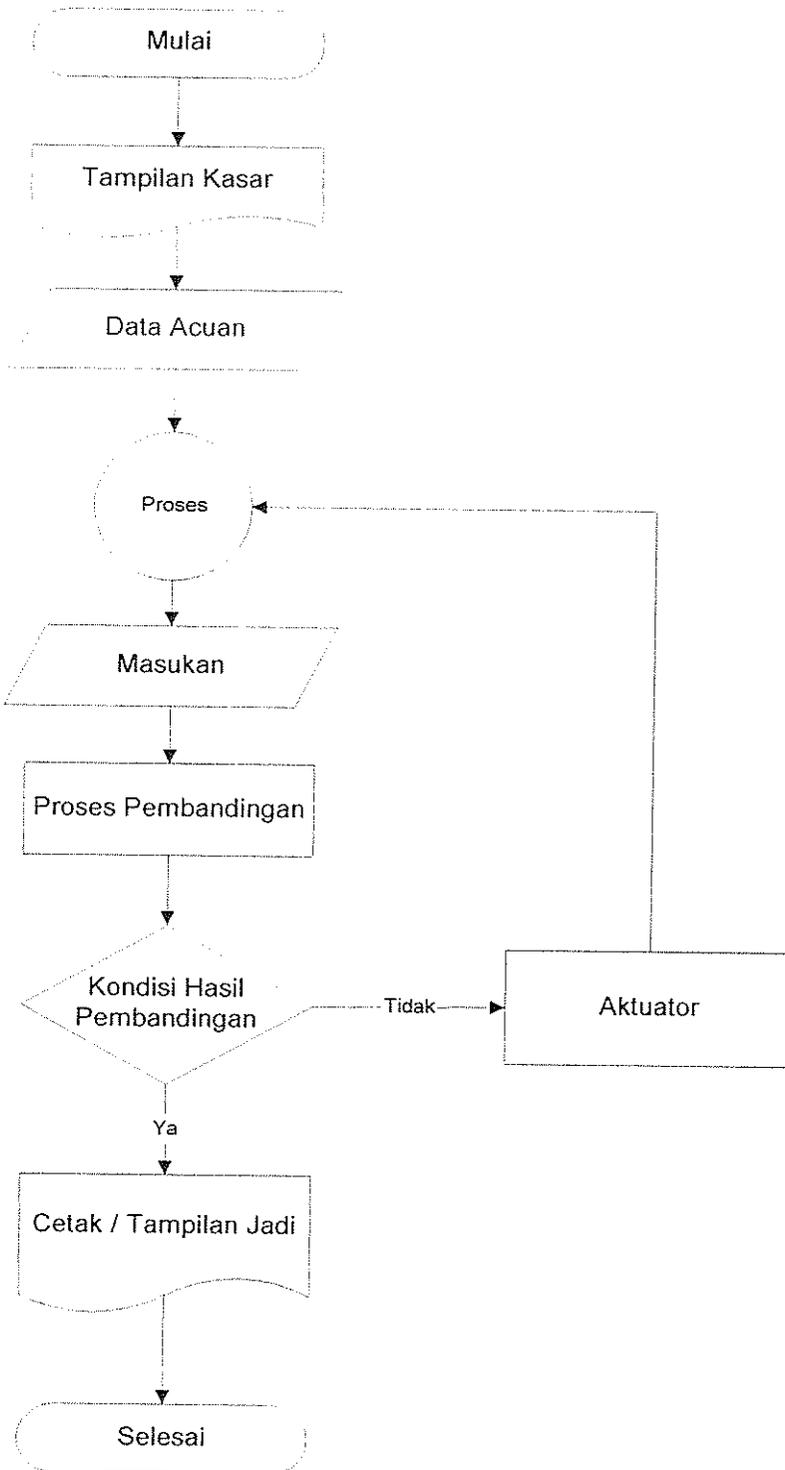
E. PEMROGRAMAN

Pengendalian dalam industri telah banyak dilakukan secara numerik menggunakan kalkulasi. Program ini telah diintegrasikan ke dalam industri dari sistem *Computer Aided Manufacturing* (CAM) sehingga proses akhir otomatisasi dan pengintegrasian total semakin mencapai sasarannya. CAM adalah pengolahan informasi untuk perancangan pengujian dan simulasi dengan menggunakan manipulasi perhitungan data, sehingga hubungan langsung antara otak manusia dengan produk akhir dapat tercipta (Sharon, Harstein dan Yantian, 1987).

Pada pembuatan program simulasi komputer, tujuannya adalah untuk mengatur kerja alat-alat yang memproses pengolahan CPO secara otomatis. Sebagai standar acuan, didasarkan pada tahapan-tahapan proses penjernihan, terutama pada bagian pengenceran dan penjernihan CPO, yang mempunyai kondisi-kondisi spesifik tertentu sehingga kita mendapatkan hasil yang optimum yang diinginkan. Diagram alir proses pemrograman ini dapat dilihat pada Gambar 8.

G. PEMODELAN SISTEM

Menurut Sakiadis (1984), suatu model adalah peralatan atau cara yang menunjukkan bahwa alat atau cara tersebut dapat digunakan untuk memperkirakan secara akurat hasil pengujian suatu prototipe. Prototipe sendiri merupakan suatu



Gambar 8. Diagram Alir Proses Pemrograman Komputer



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

perubahan dari sistem fisik skala besar menjadi skala kecil. Model merupakan suatu abstraksi dari sebuah obyek atau situasi aktual. Model memperlihatkan hubungan langsung maupun tidak langsung dengan kaitan timbal balik dalam terminologi sebab akibat. Suatu model dapat dikatakan lengkap apabila dapat mewakili berbagai aspek penting dari realitas yang sedang dikaji (Eriyatno, 1989).

Secara umum model dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu model fisik dan model simbolik atau menurut Sakiadis (1984), sama secara fisik dan tidak sama secara fisik, yang berarti seperti model matematik atau model analog elektrik. Jika model fisik dapat dibedakan menjadi dua kelompok, yaitu model fisik ilonik dan model fisik analog oleh Hillier dan Lieberman (1980), kemudian sebagai pengembangan lebih lanjut model simbolik dapat dibedakan menjadi model verbal dan model matematik. Sandi Setiawan (1991) juga menjabarkan model sebagai suatu studi sistem menjadi model fisika dan model kimia yang kemudian terbagi lagi menjadi model statis dan dinamis.

Dalam pembuatan suatu model, maka hal yang ditekankan adalah analogi sistem.

Empat jenis kesamaan yang penting menurut Sakiadis (1984) adalah :

1. Kesamaan geometri (proporsional dalam dimensi)
2. Kesamaan mekanik, yang terbagi dalam :
 - a. Kesamaan statik (proporsional dalam deformasi)
 - b. Kesamaan kinetik (proporsional dalam waktu)
 - c. Kesamaan dinamik (proporsional dalam gaya)

3. Kesamaan termal (proporsional dalam suhu)
4. Kesamaan kimiawi (proporsional dalam konsentrasi)

Pada pembuatan model secara fisik, misalnya pengukuran-pengukuran sistem secara mekanis maupun elektris diperlukan analogi sistem yang setepat mungkin. Keberhasilan kesamaan mekanik banyak dipengaruhi oleh pengontrolan dari beberapa bagian variabel kritis yang terseleksi, baik oleh analisa dimensi maupun oleh pengukuran. Seleksi kondisi dan perlakuan kondisi operasi diperlukan agar dapat memuaskan dan mendekati nilai kesamaan yang sebenarnya secara geometris, termal dan kimiawi. Sementara pada model matematika, hal yang ditekankan adalah penggunaan simbol dan persamaan-persamaan matematika yang dapat menggambarkan sistem.

Pembedaan dalam menentukan suatu model termasuk dalam model statis maupun dinamis terletak pada aktivitas sistem tersebut. Jika nilai-nilai aktivitas yang terdapat dalam model tersebut berada dalam keseimbangan, maka model itu disebut statis, sementara jika perubahan dilakukan oleh aktivitas sistem sepanjang waktu, maka model tersebut disebut dinamis (Sandi Setiawan, 1991).

Penggunaan model fisika statis banyak diterapkan untuk menyelesaikan suatu tugas yang sama. Contoh penggunaan model fisika statis yang umum digunakan adalah pembuatan model skala. Aplikasi lanjutan dari penggabungan model fisika dengan persamaan-persamaan matematika yang identik, dapat menyelesaikan gejala fisika yang berbeda-beda dengan syarat batas tertentu. Sementara dasar dari fisika

dinamis adalah analogi dari sistem yang dipelajari dan beberapa sistem yang berbeda secara alamiah dengan kesamaan gaya yang mengatur suatu sistem (Sandi Setiawan, 1991).

Eniyatno (1989) menjelaskan bahwa pemodelan dapat dilakukan dengan menguraikan seluruh komponen yang akan mempengaruhi efektifitas dari operasi sistem, yang dilanjutkan dengan melakukan penyaringan komponen yang akan digunakan dalam suatu pengkajian. Setelah itu, dilakukan pembuatan (rekayasa) model untuk mempelajari perilaku sistem secara simulatif.





III. METODOLOGI

A. JUDUL PENELITIAN

Disain dan Uji Model Otomatisasi Proses Penjernihan Minyak Kelapa Sawit Berbasiskan Komputer

B. TEMPAT PENELITIAN

1. Workshop dan Laboratorium Teknologi Rekayasa, Pasca Panen, Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
2. Laboratorium Sistem dan Manajemen Mekanisasi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

C. WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Maret hingga Mei 1997. Jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut :

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa menyebutkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Tabel 8. Jadwal Kegiatan Penelitian

	Maret				April				Mei					Juni
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1
Studi Pustaka	—													
Kunjungan Lapangan					—									
Persiapan Peralatan					—	—								
Penyusunan & Pembuatan Peralatan						—	—							
Kalibrasi & Uji Awal						—	—	—						
Pembuatan Program							—	—						
Pengujian									—					
Pencampuran														
Pengujian Penjernihan										—	—	—	—	—

D. BAHAN DAN ALAT

1. Komputer dengan prosesor Intel 80486DX-4, dengan RAM 16 Mbyte dan kapasitas hard disk 540 Mbyte.
2. Program perangkat lunak Advance Genie Editor 2.1.
3. *Analog to Digital Converter*, PCL-816, 16 channel, 100 kHz.
4. *Digital to Analog Converter*, PCL-816 DA-1, 2 channel.
5. *Relay Output Board*, PCLD-885, 16 channel.
6. *Amplifier and Multiplexer Board*, PCLD-789 D, 16 channel.
7. *Inverter (Motor Speed Controller)*, AF-500, Sumitomo.
8. Termokopel tipe K (dua buah).
9. Pemanas berkapasitas 2.000 watt (dua buah).
10. Pompa air Teesa, 125 watt, 50 Hz, 2.850 rpm, 2.000 ml/detik.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

11. Pompa air Pulsafeeder, 56,6 liter/detik, 7 kg/cm², 230 volt, 50 Hz, 1 fase.
12. Kabel, selang 75 cm, 110 cm, 150 cm.
13. Pipa diameter 1 inci, sambungan pipa (enam buah) dan *elbow* (empat buah).
14. *Flexiglass* 1,5 m².
15. Tangki berkapasitas satu galon (empat buah).
16. Keran 90° (satu buah).
17. Kompor gas dan tabung gas (satu buah).
18. CPO dan air sebanyak 100 liter.
19. Data primer yang didapatkan dari hasil pengukuran.

E. METODE PENELITIAN

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini meliputi beberapa tahap yakni :

1. Pra Percobaan

a. Persiapan Disain Model Perancangan dan Pembuatan Model Tangki Penjernihan

Tangki penjernihan yang dijadikan model adalah tangki yang dipergunakan di Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir, Sumatera Utara (lihat Lampiran 1). Dalam pembuatan model tangki ini dilakukan pengecilan skala yang mengacu

kepada model matematika dimana perbandingan antara volume tangki terhadap ukurannya (tinggi dan luas alas tangki) dipertahankan sesuai dengan

Persamaan 3 sebagai berikut :

- Volume tangki (silinder) :

$$V = \text{Volume tangki I} + \text{Volume Tangki II} - \text{Volume Tangki III}$$

$$= L_{a1} \times t_1 + \frac{1}{3} \times L_{a1} \times t_1 - \frac{1}{3} L_{a2} \times t_2$$

$$= \frac{\pi \times d_1^2 \times t_1}{4} + \frac{\pi \times d_1^2 \times t_2}{12} - \frac{\pi \times d_2^2 \times t_3}{12} \quad \dots(3)$$

d_1 = Diameter alas silinder (mm),

d_2 = Diameter alas silinder (mm),

t_1 = Tinggi silinder (mm),

t_2 = Tinggi kerucut (mm),

t_3 = Tinggi puncak kerucut (mm).

Kemudian modifikasi dilakukan pada luas alas tangki, yaitu dengan melakukan penggantian alas tangki yang berbentuk lingkaran menjadi bujursangkar, tetapi dengan tetap mempertahankan kapasitas volume tangki :

- Volume tangki (bujursangkar) :

$$V = \text{Volume tangki I} + \text{Volume Tangki II} - \text{Volume Tangki III}$$

$$= S_1^2 \times t_1 + \frac{1}{3} \times S_1^2 \times t_2 - \frac{1}{3} S_2^2 \times t_3 \quad \dots(4)$$



sehingga dapat diperoleh S_1 , S_2 , t_2 dan t_3 .

S_1 = Sisi panjang alas kotak (mm),

S_2 = Sisi panjang alas kotak (mm),

t_1 = Tinggi kotak (mm),

t_2 = Tinggi piramida (mm),

t_3 = Tinggi puncak piramida (mm).

Kemudian dengan memperkecil ukuran volume menjadi 10 liter, maka didapatkan ukuran tangki untuk ukuran tersebut. Perhitungan lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran 2.

Model yang dibuat dalam penelitian ini mengacu pada teori Sakiadis (1984) adalah model fisik yang didasarkan pada model matematik, karena hasil akhirnya diharapkan tetap konstan sesuai dengan standard. Model fisika dipergunakan untuk mendapatkan gambaran suatu model yang serupa dengan alat yang sebenarnya digunakan oleh pihak industri.

b. Pemasangan Alat Sensor dan Aktuator

Hal yang akan dikontrol pada proses pencampuran adalah debit aliran air pencampuran. Pada proses pengontrolan ini akan digunakan *inverter* yang akan mengatur aliran debit air oleh pompa. Kemudian kita akan memasang termokopel dan pemanas (*heater*) pada tangki minyak dan tangki air.



Termokopel yang dipergunakan adalah termokopel jenis K. Sementara spesifikasi pemanas yang digunakan adalah pemanas berkapasitas 2.000 W.

Pada proses pengaliran minyak pada tangki penempatan, dipasang termokopel dan pemanas untuk mempertahankan suhu proses. Spesifikasi termokopel dan pemanas yang dipergunakan sama dengan spesifikasi diatas.

c. Pembuatan Program

Pada tahap kedua merupakan tahap pembuatan program dengan bahasa komputer Advantech Genie 2.1, yang akan mengatur dan mengendalikan kerja instrumen. Jadi program ini akan mengontrol proses secara keseluruhan. Langkah-langkah yang perlu dilakukan untuk membuat program tersebut adalah sebagai berikut :

- Pembuatan diagram alir. Sebelum dilakukan penulisan program perlu dilakukan pembuatan diagram *flow chart* yang akan mempermudah pembuatan program yang diinginkan.
- Pembuatan program yang akan menyimpan data-data standar sebagai bahan perbandingan.
- Pembuatan program yang mampu menginisialisasi instrumen.
- Pembuatan program untuk menentukan alamat-alamat dan menerima masukan dari seluruh sensor sekaligus merubah sinyal tersebut menjadi data yang dikenali. Program ini mempunyai kemampuan membaca sinyal

yang dikeluarkan oleh sensor, lalu kemudian mengeluarkan sinyal yang akan menggerakkan aktuator secara otomatis. Data yang diperoleh dari sensor kontrol otomatis yang dipasang pada mesin-mesin pengolahan, akan menjadi umpan balik sebagai input lanjutan sehingga kita dapat mengatur proses selanjutnya sesuai dengan kondisi yang kita inginkan.

- Pembuatan program yang mampu membandingkan data masukan dari seluruh sensor dengan data standar. Seluruh kondisi pembatas yang perlu diperhitungkan untuk setiap proses, dimasukkan. Kondisi pembatas ini adalah data pembanding sebagai standard acuan ketika program dijalankan. Program ini mempunyai kemampuan mengolah data sehingga dapat menggantikan peran manusia dalam melakukan pengoreksian data.
- Pembuatan program untuk menentukan alamat-alamat dan mengeluarkan perintah berupa sinyal yang akan menerima data dari sensor. Setelah program ini mendapatkan hasil pengoreksian data, maka komputer kemudian mengeluarkan sinyal yang akan menggerakkan aktuator secara otomatis lewat alamat-alamat yang telah ditentukan dalam program.
- Pembuatan program yang mampu mengintegrasikan dan menjalankan seluruh proses dan menampilkannya. Sebenarnya, apabila kita membuat suatu program dengan menggunakan bahasa pemrograman yang visual, maka pertama-tama kita harus membuat tampilan kasar program yang akan kita tampilkan nantinya. Kemudian setelah kita menyelesaikan pembuatan program, maka tampilan awal yang masih kasar dapat kita perbaiki



sehingga program kita dapat menjadi suatu program grafis (sehingga penampilannya dapat dibuat menarik) sehingga berjenis *user friendly* atau mudah dipergunakan.

Pada pemrograman ini dapat digunakan bahasa komputer Pascal versi 6.0 atau bahasa komputer lainnya seperti Quick Basic versi 4.5, Turbo C versi 2.0 dan sebagainya. Pabrik pembuat PCL 816 yaitu Advantech. Corp. juga mengeluarkan suatu program perangkat lunak bernama Advance Genie Editor 2.1, yang telah terintegrasi dan memudahkan penggunaan dalam pengontrolan suatu proses. Penelitian ini akan menggunakan bahasa pemrograman Advantech Genie 2.1 tersebut.

d. Kalibrasi

i. Pengukuran Kontrol Pencampuran Minyak dan Air

Perbandingan minyak dengan air yang digunakan dalam pengukuran ini adalah 30:70 dan 40:60, pada suhu masing-masing 85°C.

- Menyiapkan keran yang telah terpasang pada tangki penampungan minyak. Kemudian diukur aliran minyak pada bukaan keran 1, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{1}{4}$ dan catat waktu untuk mencapai 1000 ml sebanyak 3 kali ulangan.
- Menyiapkan pompa yang telah dihubungkan pada tangki penampungan air. Pompa tersebut diatur oleh komputer dengan bantuan *inverter*.

Kemudian ukur aliran air pada frekuensi 10 hingga 25 Hz dan catat waktu untuk mencapai 1000 ml.

ii. Pengukuran Kontrol Debit Masuk Tangki Penjernihan

- Menyiapkan pompa yang telah dihubungkan pada tangki penjernihan. Pompa tersebut diatur secara manual. Kemudian ukur aliran air dengan membuka keran pada skala 80, 60, 40 dan 20. Lalu catat waktu untuk mencapai 100, 200, 300, 400 dan 500 ml. Ulangi dengan menggunakan bukaan keran 20 terlebih dahulu.

2. Percobaan dan Pengujian

a. Proses Pencampuran

Pada proses pencampuran, kondisi pencampuran diharapkan menghasilkan hasil akhir yang sesuai dengan yang diharapkan. Hal yang akan dikontrol pada proses pencampuran adalah debit aliran air pencampuran. Misalnya untuk pencampuran yang menghasilkan kadar minyak yang masuk sebesar 40 %, maka penentuan banyaknya air yang perlu ditambahkan dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Menguji kadar minyak-air-NOS CPO yang keluar dari pengepres berulir, talang penampung minyak, tangki minyak murni dan tangki lumpur dari pabrik. Prosedur pengujian terlihat pada Lampiran 3.

- Menentukan kadar minyak pada CPO dari data pengujian. Hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran 4.
- Menempatkan minyak campuran ke dalam tangki yang dilengkapi dengan keran yang telah dihubungkan dengan potensiometer. Perubahan posisi keran akan mengakibatkan terjadinya perubahan tegangan yang dihasilkan oleh potensiometer. Disamping itu, perubahan posisi keran akan merubah debit minyak campuran. Kemudian dilakukan pengkalibrasian antara perubahan debit minyak terhadap tegangan masukan yang menghasilkan Persamaan 5 yaitu persamaan regresi sebagai berikut :

$$Q_m = a_1 \times AI \dots\dots(5)$$

$$Q_m = \text{debit minyak (ml/detik),}$$

$$a_1 = \text{konstanta regresi,}$$

$$AI = \text{tegangan masukan (volt).}$$

Hasil kalibrasi dapat dilihat pada Lampiran 5.

- Melakukan perhitungan banyaknya air pencampuran yang dibutuhkan sesuai dengan metode yang dikembangkan oleh Guthrie Plantation (1995) yaitu seperti pada Persamaan 6 :



$$Z = \frac{KM_1}{KM_2} - T \quad \dots(6)$$

$$\begin{aligned} Z &= \text{banyaknya air yang ditambahkan (\%)}, \\ KM_1 &= \text{kadar minyak awal (\%)}, \\ KM_2 &= \text{kadar minyak yang diinginkan (\%)}, \\ T &= \text{total minyak sawit mentah (\%)}. \end{aligned}$$

- Jika nilai Z telah diketahui, maka untuk mendapatkan kadar minyak yang diinginkan, dibutuhkan tambahan air sebesar Z bagian dari T. karena perbandingan antara T dan Z tetap selama kadar minyak awal dan kadar minyak yang diinginkan tetap, maka diperoleh Persamaan 7 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_m : Q_a &= T : Z \quad \dots(7) \\ Q_a &= \text{debit air (ml/detik)}, \end{aligned}$$

Persamaan diatas kemudian dapat diubah menjadi suatu Persamaan 8 yang menyatakan hubungan antara debit air dan debit minyak sebagai berikut :

$$Q_a = Q_m \times \frac{Z}{T} \quad \dots(8)$$

• Untuk mencari debit air yang harus dikeluarkan oleh pompa maka dilakukan kalibrasi debit air terhadap tegangan keluaran yang menggerakkan pompa. Hasil kalibrasi antara tegangan yang dikeluarkan dengan debit air dapat dilihat pada Lampiran 5. Hubungan antara tegangan dengan debit air dinyatakan dalam Persamaan 9 sebagai berikut :

$$AO = a_2 \times Qa + b_2 \dots(9)$$

AO = tegangan keluaran (volt),

a_2, b_2 = konstanta regresi,

Qa = debit air (ml/detik).

b. Pengujian Campuran Minyak pada Proses Penjernihan

Pengujian penentuan campuran minyak terbaik pada proses penjernihan menggunakan tangki penjernihan berkapasitas 10 liter. Peubah yang digunakan berdasarkan kadar minyak-air (perbandingan minyak-air 30:70 dan 40:60), suhu (suhu 85°, 90° dan 95°C) serta lamanya waktu pengendapan (4, 5 dan 6 jam). Masing-masing hasil pengujian diambil dua kali ulangan. Kadar minyak terbaik yang ditentukan dari kadar minyak terbaik dan kadar air serta kadar NOS terendah yang keluar dari pengutip minyak dan kadar

minyak terendah yang keluar dari saluran pembuangan endapan dan air.

Metode pengujian hasil ini sama seperti metode pengujian kadar minyak-air-

NOS CPO dari pabrik. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Lampiran 6.

Minyak campuran ini dikontrol suhunya secara terus menerus setiap detik

hingga pengambilan hasil pengujian selesai. Hasil pengontrolan suhu ini dapat

dilihat pada Lampiran 7.

F. HASIL YANG DIHARAPKAN

Suatu model yang secara otomatis dapat mengatur dan mengendalikan bagian pengenceran dan penampungan minyak sawit yang termasuk ke dalam proses penjernihan minyak kelapa sawit dengan berbasis komputer sesuai dengan kondisi yang diharapkan.

IV. PEMBAHASAN

A. PENCAMPURAN

Penggunaan peralatan pengolahan biji menjadi CPO, sejak awal telah menjadi tantangan dan sekaligus keuntungan bagi manusia (Carr, 1989). Prinsip pencampuran adalah melakukan penambahan air terhadap CPO yang dihasilkan dari pengepres berulir dengan perbandingan tertentu sehingga menghasilkan kadar minyak tertentu. Penambahan air ini berguna untuk menurunkan kadar viskositas minyak campuran (Guthrie, 1985). Disamping itu, penambahan ini akan memudahkan pemisahan minyak dengan air dan NOS (Lubis dan Everaets, 1976) pada tangki penjernihan.

Proses pencampuran sendiri umumnya dilakukan langsung pada pengepres berulir atau pada talang penampung minyak. Kadar pencampuran yang digunakan oleh berbagai pabrik pengolahan minyak kelapa sawit berbeda-beda satu sama lain. Banyaknya air yang ditambahkan di pabrik kelapa sawit biasanya dilakukan berdasarkan kebiasaan, bukan berdasarkan pengukuran yang tepat. Proses pencampuran yang langsung dilakukan pada pengepres berulir dilakukan dengan menambahkan air bersuhu 85°-95°C sebanyak 15-30 % dari tandan buah sawit. Tujuannya adalah agar langsung menurunkan viskositas minyak sehingga dapat lebih cepat mengalir ke talang penampung minyak. Pabrik kelapa sawit lainnya

seperti yang ada di Malaysia yaitu Guthrie Plantation melakukan proses pencampuran dengan tujuan memperoleh kadar minyak sebesar 40 % dari minyak campuran karena menghasilkan kadar minyak terbaik (Guthrie, 1995).

Kadar pencampuran yang optimal menurut Hoe dan Whiting (1976) adalah pencampuran yang menghasilkan kadar minyak sebesar 30 %. Pada pencampuran tersebut, kecepatan pemisahan minyak dengan air dan NOS merupakan yang tertinggi dibanding dengan pencampuran dengan kadar yang lainnya. Maka penelitian ini dilakukan dengan dasar diatas agar mendapatkan kadar pencampuran terbaik, yaitu menghasilkan minyak berkadar 30 % dan 40 %.

Kadar minyak yang keluar dari pengepres berulir bervariasi antara 40-70 % dengan kadar air dan NOS masing-masing berkisar antara 10-40 % dan 6-25 % (Guthrie, 1995). Pada pengujian kadar minyak awal di pabrik, hasil kadar rata-rata minyak dari pengepres berulir adalah sebesar 58,48 %. Hasil kadar air dan NOS rata-rata dari pengujian adalah 36,24 % dan 5,28 %. Hasil pengujian ini masih berada pada kisaran yang direkomendasikan Guthrie. Kadar hasil pengujian diatas akan digunakan sebagai acuan perhitungan kadar awal.

Hasil pengujian pencampuran di Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir menunjukkan kadar rata-rata minyak, air dan NOS yang diambil di tangki penampungan adalah berturut-turut 37,51 %, 57,12 % dan 4,57 %. Kadar rata-rata ini kemudian akan dibandingkan dengan kadar rata-rata hasil pencampuran secara otomatis (dengan perbandingan 40 % bagian minyak) sebagai standar. Otomatisasi dilakukan untuk

memperbaiki nilai kadar minyak sehingga semakin mendekati kadar minyak yang diinginkan.

Pada proses pencampuran untuk memperoleh hasil kadar minyak 30 % dan 40 %, diperoleh hasil kadar minyak rata-rata sebesar 29,77 % dan 41,53 %. Kadar air rata-rata hasil pencampuran untuk perbandingan 30:70 dan 40:60 adalah masing-masing 68,44 % dan 56,36 % dengan kadar NOS masing-masing adalah 1,79 % dan 2,10 %.

Mengacu pada asumsi awal bahwa pada proses pencampuran, banyaknya minyak dan NOS tetap (sehingga perubahan yang terjadi adalah perubahan banyaknya air), maka diperoleh hasil kadar minyak hasil pencampuran dengan perbandingan 40:60 lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar acuan di tangki penampungan (diatas 37,51 %). Nilai penyimpangan dari kadar minyak yang diinginkan adalah sebesar 1,53 %. Nilai penyimpangan kadar minyak rata-rata hasil pencampuran dengan perbandingan 30:70 lebih kecil dari perbandingan 40:60 yaitu sebesar 0,23 %.

Hal diatas disebabkan karena adanya aktivasi aliran air oleh pompa pada perbandingan 40:60 ini. Aktivasi aliran ini terjadi karena kemampuan pompa yang tidak memungkinkan untuk langsung mengalirkan air. Untuk menjalankan pompa pada tahap awal, dibutuhkan tegangan minimal sebesar 2,1 volt. Sementara untuk mengalirkan air sebesar 118,45 ml yang sebanding dengan debit minyak sebesar 256,36 ml pada perbandingan 40:60, membutuhkan tegangan sebesar 1,43 volt

pada bukaan penuh. Jika pompa langsung diberikan tegangan 1,43 volt, maka tidak akan terjadi aliran air.

Hal lain yang menyebabkan kadar air rata-rata pada perbandingan 40:60 lebih rendah adalah matinya aliran air ketika debit minyak terlalu rendah. Baik pada percobaan pencampuran pertama maupun yang kedua, dengan bukaan keran $\frac{1}{2}$ atau lebih rendah lagi dari bukaan penuh, menghasilkan debit minyak antara 118,75 hingga 129,73 ml dengan tegangan masukan antara 0,77-0,86 volt. Tegangan masukan tersebut menghasilkan tegangan keluaran sebesar 1,01-1,05 volt, sehingga putaran pompa tidak mampu mengalirkan air. Kekurangan air ini pada ulangan I sebesar 182,94 ml, sedangkan pada ulangan II sebesar 164,82 ml. Kekurangan ini mengakibatkan kurangnya kadar air pada minyak campuran sebesar 1,42 % untuk ulangan I dan 1,25 % untuk ulangan II (rata-rata sebesar 1,34 %) dengan penyimpangan sebesar 2,30 %.

Perhitungan untuk memperoleh nilai debit minyak dan debit air yang dibutuhkan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Advantech Genie 2.1 yang dikeluarkan oleh Advantech Corporation (Advantech, 1993). Hasil perhitungan melalui pemrograman ini dilakukan karena ketidakterediaan alat untuk mengukur langsung debit minyak dan air yang dibutuhkan.

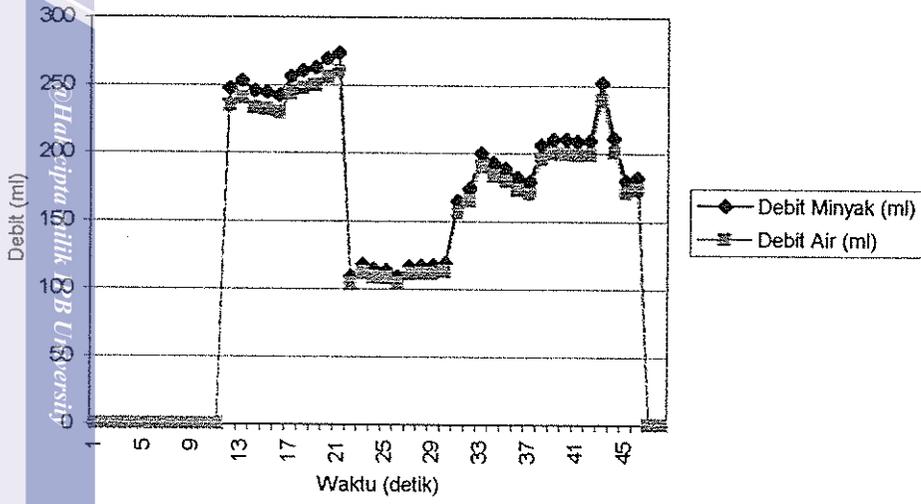
Dari grafik perbandingan debit minyak dan debit air pada Gambar 9 hingga Gambar 12, dapat dilihat secara visual bahwa perubahan debit minyak (baik kenaikan maupun penurunan) akan membawa perubahan yang sama terhadap debit air. Hal ini menunjukkan bahwa pengontrolan pencampuran berlangsung dengan

baik dengan nilai penyimpangan kadar minyak untuk perbandingan 70:30 sebesar 0,2300 % dan untuk perbandingan 40:60 sebesar 1,5343 %. Kadar minyak, air dan NO₂ yang dihasilkan dapat dilihat pada Lampiran 9. Untuk pengontrolan suhu pencampuran, dapat dilihat dari Gambar 13 hingga Gambar 16.

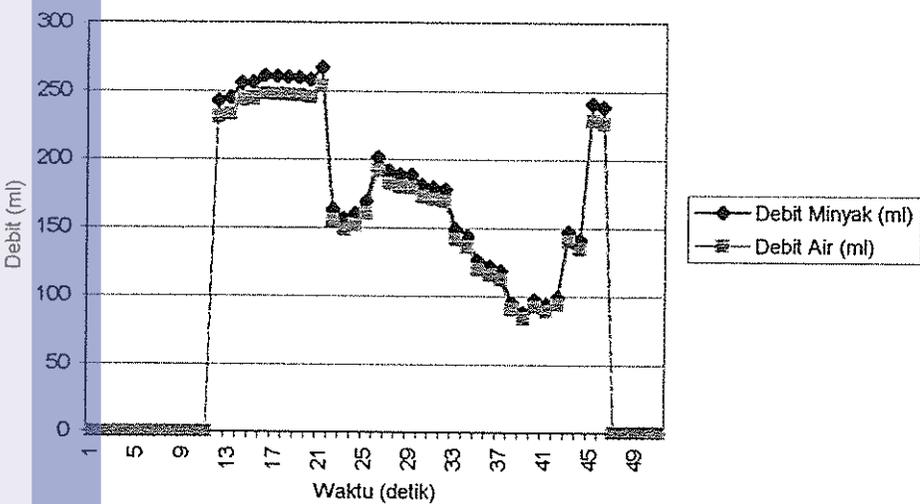
B. PROSES PENJERNIHAN

Pada proses penjernihan, dilakukan pengontrolan suhu dan pengujian kadar minyak-air-NOS dari pengutip minyak dan pada saluran pembuangan endapan dan air. Pengujian kadar minyak-air-NOS ini kemudian dilihat kecenderungannya berdasarkan kenaikan suhu dan lamanya waktu pengendapan (*retention time*).

Waktu pengendapan yang digunakan berbeda-beda antara pabrik yang satu dengan yang lain lebih tergantung dari kapasitas tangki dan aliran masuk minyak campuran (berkisar antara 4-7 jam). Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir menggunakan waktu pengendapan $\pm 4,5$ jam dengan menggunakan *continuous settling tank*. Sementara di Pabrik Kelapa Sawit Adolina dengan menggunakan *vertical settling tank*, waktu pengendapannya adalah selama ± 6 jam karena daya tampung tangkinya mencapai 90.000 liter, sementara kapasitas produksinya hanya sebesar 30 ton/jam (sekitar 32.000 liter/jam) yang dilayani oleh dua tangki (Perkebunan Nusantara IV). Menurut Loebis dan Everaerts (1976), jika minyak mentah tanpa pengenceran pembentukan dua lapisan membutuhkan waktu sekitar 40 menit. Sementara jika dengan pengenceran, dengan memperhitungkan gerak fraksi ringan

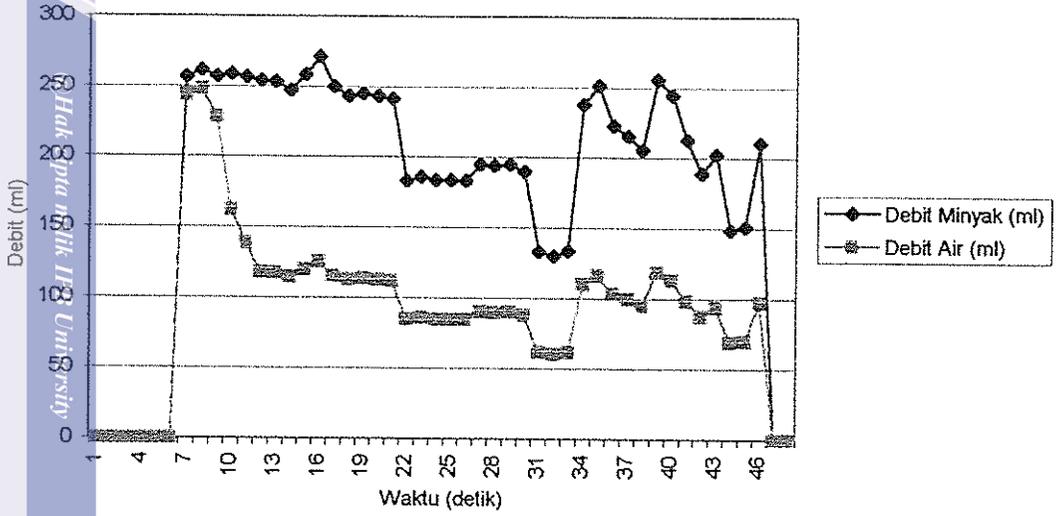


Gambar 9. Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan I

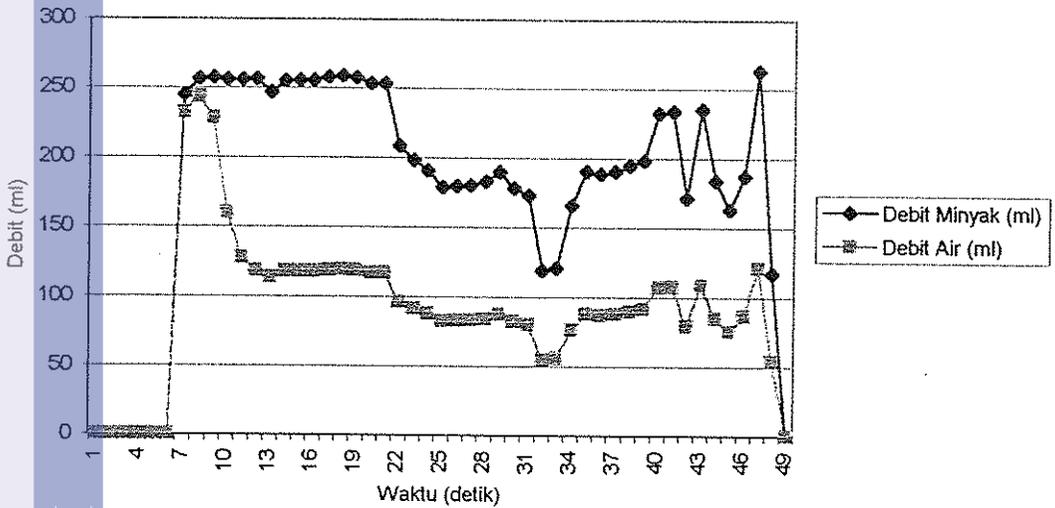


Gambar 10. Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan II

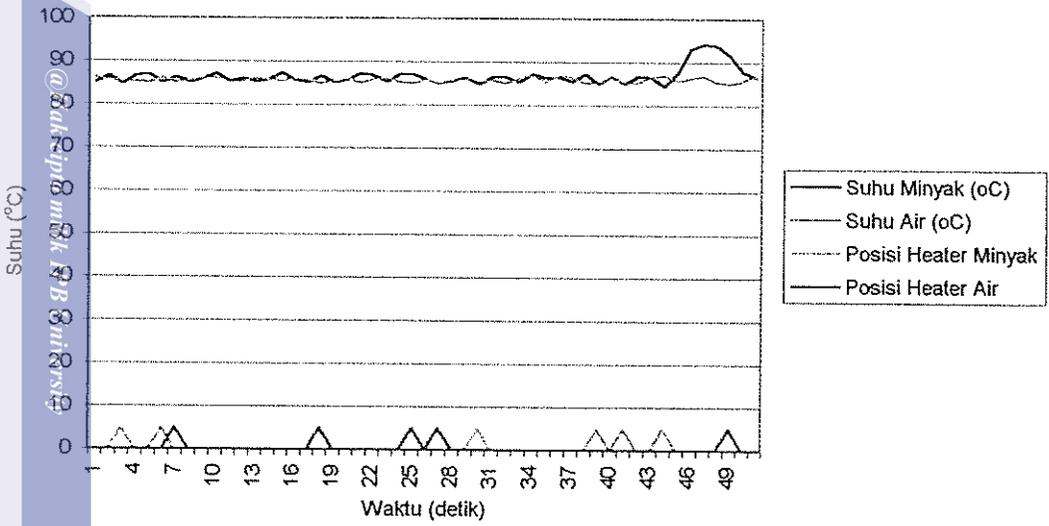
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



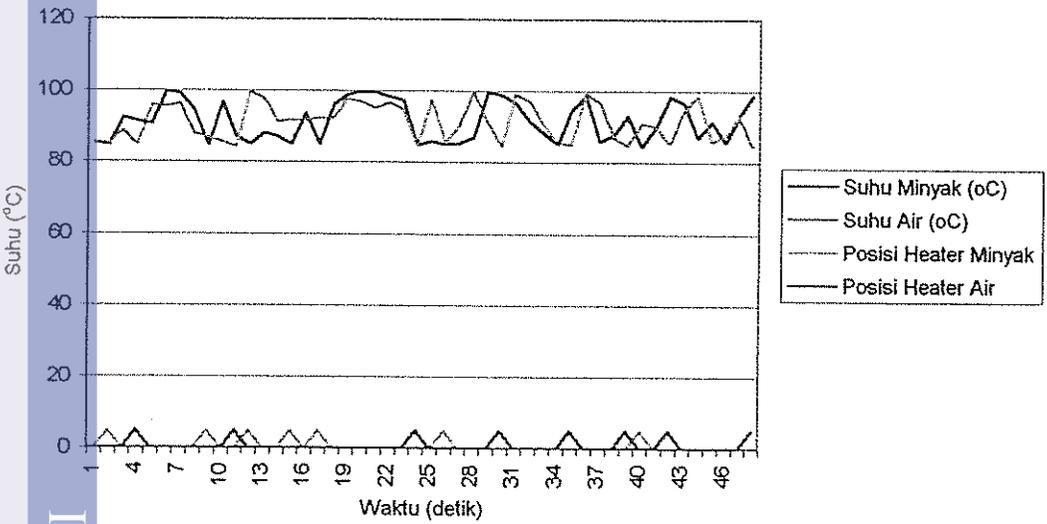
Gambar 11. Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan I



Gambar 12. Perbandingan Debit Minyak dan Air Pada Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan II



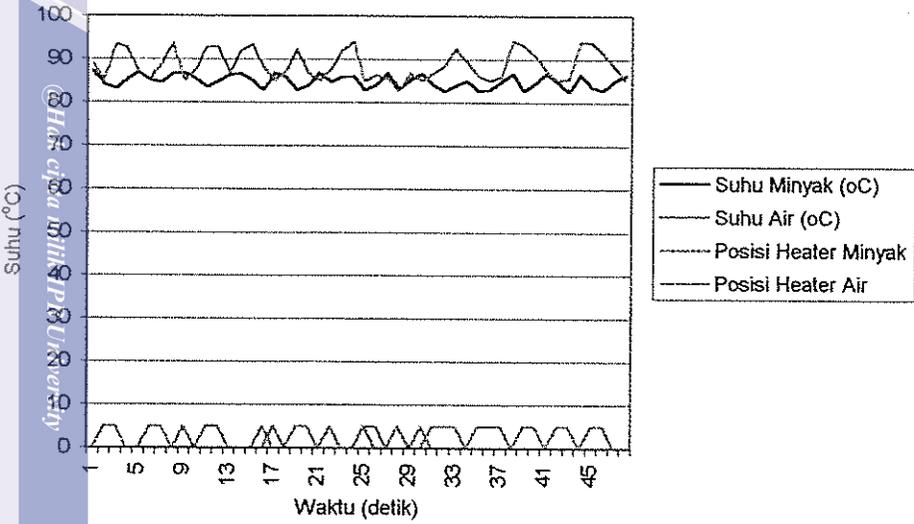
Gambar 13. Pengontrolan Suhu Pencampuran dengan Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan I



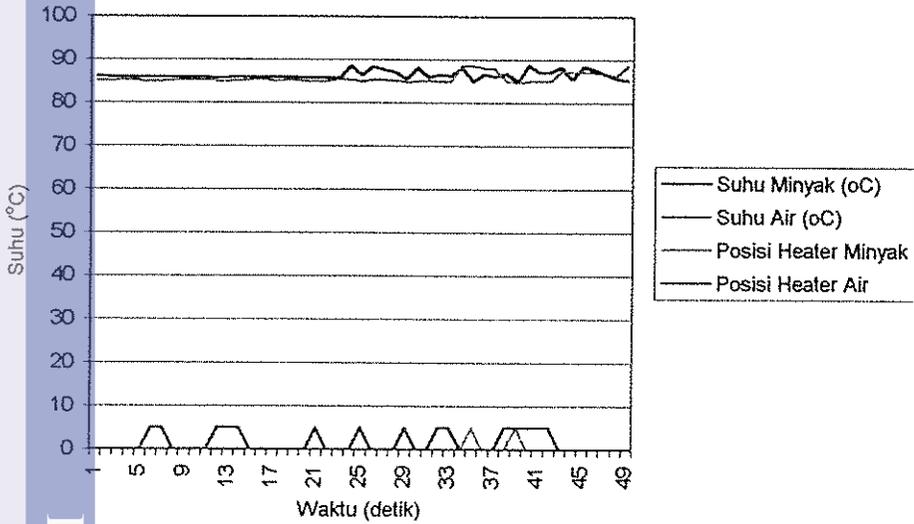
Gambar 14. Pengontrolan Suhu Pencampuran dengan Perbandingan 30:70, Suhu 85°C Ulangan II

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 15. Pengontrolan Suhu Pencampuran dengan Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan I



Gambar 16. Pengontrolan Suhu Pencampuran dengan Perbandingan 40:60, Suhu 85°C Ulangan I

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Kadar minyak tertinggi, baik untuk pencampuran 30:70 maupun 40:60 pada pengutip minyak adalah sebesar 99,33 % pada perbandingan 30:70, suhu 95°C pada waktu 4 jam. Kadar minyak terendah terjadi pada perbandingan 30:70, suhu 90°C pada waktu 6 jam sebesar 97,99 %.

Untuk kadar air tertinggi pada pengutip minyak terjadi pada perbandingan 30:70, suhu 90°C pada waktu 6 jam sebesar 1,69 %. Sementara untuk kadar air terendah terjadi pada perbandingan 30:70, suhu 85°C pada waktu 5 jam sebesar 0,47 %. Kadar NOS tertinggi hasil dari pengutip minyak terjadi pada perbandingan 30:70, suhu 90°C pada waktu 4 jam sebesar 0,52 %, sementara kadar NOS terendah terjadi pada perbandingan 40:60, suhu 95°C pada waktu 5 jam sebesar 0,08 %.

Pada saluran pembuangan endapan dan air, kadar minyak tertinggi terjadi pada perbandingan 40:60, suhu 85°C pada waktu enam jam sebesar 3,47 %. Kadar minyak terendah terjadi pada perbandingan 40:60, suhu 95°C pada waktu 6 jam sebesar 0,19 %. Sementara untuk kadar air tertinggi terjadi pada perbandingan 30:70, suhu 90°C pada waktu 6 jam sebesar 94,76 % dan kadar air terendah terjadi pada perbandingan 40:60, suhu 85°C pada waktu 6 jam sebesar 90,93 %. Untuk kadar NOS tertinggi perbandingan 40:60, suhu 95°C pada waktu 6 jam sebesar 7,22 %, Kadar NOS terendah terjadi pada perbandingan 30:70, suhu 85°C pada waktu 4 jam sebesar 3,78 %.

Menurut Guthrie (1995), kadar air dari pengutip minyak hasil proses penjernihan ini maksimal sebesar 0,8 % dan untuk kadar kotorannya sebesar 0,2 %. Hasil rata-rata kadar air dari pengujian ini adalah sebesar 0,92 % untuk perbandingan 30:70,

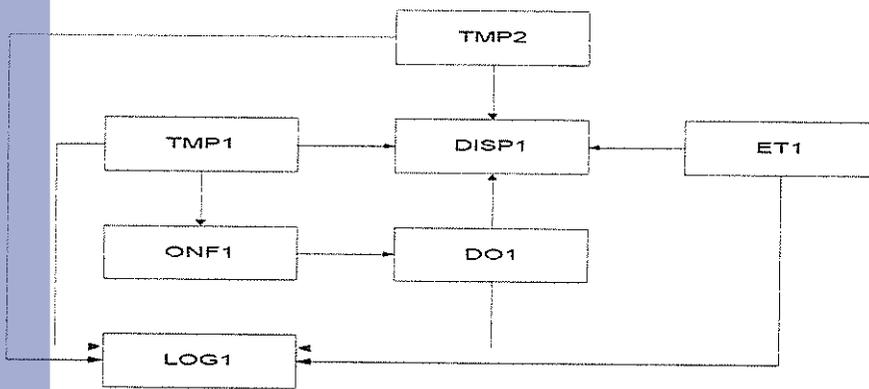
dan 0,86 % untuk perbandingan 40:60. Kadar kotoran rata-rata pada perbandingan 30:70 adalah sebesar 0,27 % dan 0,25 % untuk perbandingan 40:60. Lebih tingginya kadar air dan NOS untuk kedua jenis campuran dapat disebabkan karena adanya lapisan ketiga antara minyak dengan air.

Sementara pada saluran endapan dan air, kadar minyak maksimal ditetapkan sebesar 12 % dan kadar NOS maksimal sebesar 7 % (Guthrie, 1995). Hasil rata-rata kadar minyak pada perbandingan 30:70 adalah sebesar 2,10 % dan 1,64 % pada perbandingan 40:60. Sementara untuk kadar NOS rata-rata pada perbandingan 30:70 adalah sebesar 4,25 % dan 5,96 % untuk perbandingan 40:60.

Rendahnya kadar minyak pada saluran ini menunjukkan bahwa pemisahan minyak berlangsung dengan baik karena kadar minyak hasil pengujian berada jauh dibawah batas maksimum yang ditentukan. Sementara untuk kadar NOS, meskipun kadar NOS yang diperoleh lebih rendah dari batas maksimum yang ditetapkan, tetapi kadar NOS pada pengutip minyak justru lebih tinggi daripada batas maksimum akibat adanya lapisan ketiga. Ini menunjukkan bahwa banyaknya NOS yang berat jenisnya lebih rendah dari air (sehingga menyebabkan NOS tersebut mengambang), cukup besar. Penanggulangannya cukup sulit mengingat karakteristik NOS pada minyak yang berbeda-beda, oleh karena itu penyaringan oleh saringan getar dapat dilakukan dengan menggunakan ukuran saringan yang lebih kecil.

Secara teknis suhu yang terbaca oleh termokopel dapat dibaca oleh *device 003*. PCL-816 *with Exp. I/O=200H slot 0* pada *Channel 0* dan *Expansion Channel 12*

dan 14. Tipe termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe K. Termokopel ini kemudian akan mengatur mati hidupnya pemanas. Pengaturan mati hidupnya pemanas dilakukan secara *on-off*. Kita dapat mengatur *setpoint* suhu agar pemanas akan menyala dibawah suhu yang telah ditentukan dan mati jika suhu telah berada diatasnya. Pemanas ini digerakkan oleh *device* 001. PCL-816 I/O=200H Slot=0 pada bit ke 8 dan ke 15. Pengontrolan suhu pada proses penjernihan dapat dilihat pada Gambar 17.



- Disp1 == Tampilan hasil akuisisi data
- DO1 == Simbol perintah untuk pengeluaran sinyal digital
- ET1 == Simbol perintah untuk menjalankan waktu
- Log1 == Simbol perintah untuk menyimpan data hasil akuisisi
- ONF1 == Simbol untuk menjalankan atau mematikan sinyal digital berdasarkan data hasil pengukuran suhu pada tangki minyak
- TMP1 == Simbol untuk mengakuisisi data suhu pada tangki minyak
- TMP2 == Simbol untuk mengakuisisi data suhu pada tangki air

Gambar 17. Diagram Alir Pengontrolan Suhu Proses Penjernihan



Hasil pengontrolan suhu yang dapat dilihat pada Lampiran 8, dapat dilihat adanya ketidakkonstanan naik turunnya suhu. Hal ini disebabkan oleh terlalu besarnya kapasitas pemanas (2.000 W), dan adanya gerakan aliran minyak akibat pemanasan yang mempengaruhi pembacaan suhu oleh termokopel.

Dalam pembuatan model tangki penjernihan, tangki yang dijadikan model adalah tangki penjernihan yang dipergunakan oleh Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir dan Adolina. Kapasitas tangki tersebut sekitar 90.000 liter. Tangki yang berbentuk tabung dengan kerucut terpancung terbalik pada bagian bawahnya tersebut, dimodifikasi terlebih dahulu menjadi berbentuk balok pada bagian atasnya dan piramida terbalik terpancung pada bagian dasarnya. Modifikasi ini dilakukan untuk memudahkan pembuatan model skala kecil. Perubahan ini dilakukan dengan mempertahankan kapasitas tangki, tinggi balok, luas alas dan sisi bagian bawah yang bersambungan dengan pipa pengeluaran air dan endapan. Gambar model tangki penjernihan ini dapat dilihat pada Lampiran 1.

Luas alas dari bentuk lingkaran yang berubah menjadi bentuk bujursangkar, dilakukan untuk mempermudah perhitungan dan pembuatan model nantinya. Luas alas dengan diameter 4.262 mm akan sama dengan luas alas dengan sisi 3.790,76 mm. Kemudian untuk membentuk model skala kecilnya ditetapkan agar dapat menampung CPO sebanyak 10 liter dengan mempertahankan rasio sisi per tinggi tabung. Panjang sisi balok hasil perhitungan adalah sebesar 182,23 mm dengan tinggi 283,62 mm dan sisi bagian bawah sebesar 14,42 mm. Panjang sisi miring



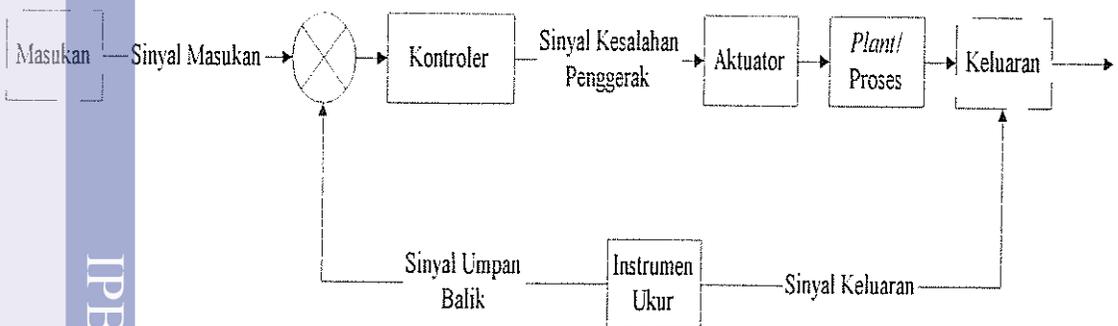
piramida adalah 128,11 mm dan panjang sisi tegaknya adalah 96,88 mm.

Perhitungan pengecilan skala ini dapat dilihat pada Lampiran 2.

G. INSTRUMENTASI DAN PEMBUATAN PROGRAM

Pemrograman pada proses pencampuran ini dilakukan untuk memperoleh tegangan keluaran untuk merubah putaran pompa. Penggunaan perangkat lunak Advantech Genie 2.1 memudahkan pembacaan data hasil pengukuran, sekaligus memudahkan kita melakukan penyesuaian keadaan dengan beberapa baris program. Perangkat lunak ini terdiri dari dua macam, yaitu Genie Strategy Editor untuk pemrogramannya, serta Genie Runtime untuk pengontrolan dan akuisisi data ketika kita telah menjalankan program kita.

Sistem kontrol pencampuran yang digunakan berjenis proporsional, karena keluarannya diatur berdasarkan perhitungan matematis oleh program komputer. Kontrol umpan balik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 18 dibawah ini :

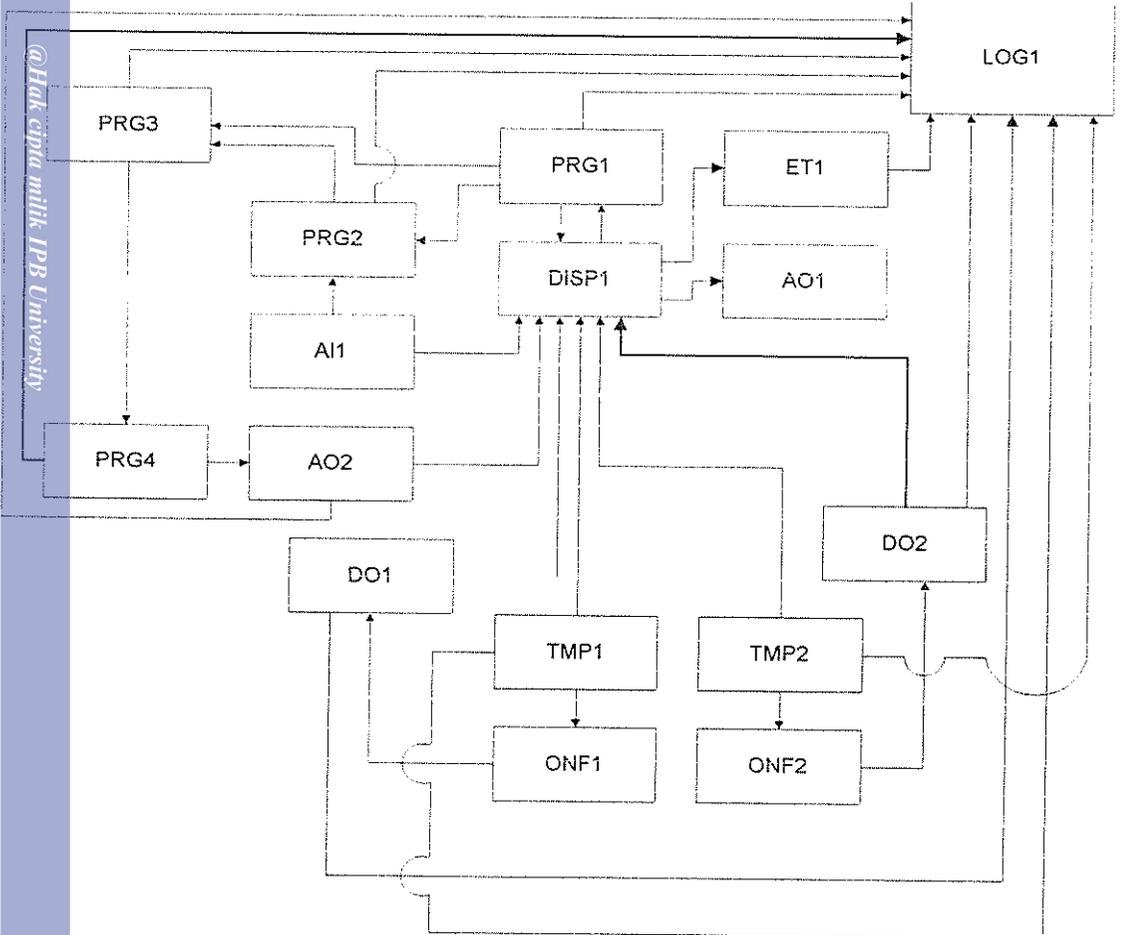


Gambar 18. Skema Kontrol Umpan Balik

Sebagai masukan pada kontrol umpan balik tersebut adalah debit minyak pada proses pencampuran dan suhu pada pengontrolan suhu. Pada proses pencampuran, perubahan bukaan keran akan menghasilkan sinyal masukan, sedangkan pada pengontrolan suhu disebabkan oleh perubahan suhu. Sinyal tersebut diproses dan dibandingkan oleh komputer sebagai pengontrolnya. Sinyal kesalahan penggerak akibat perbedaan sinyal masukan terhadap sinyal umpan balik akan menghasilkan sinyal kesalahan penggerak yang akan menggerakkan aktuator, baik putaran pompa pada proses pencampuran maupun pemanas pada pengontrolan suhu. Kemudian terjadi proses yang menghasilkan keluaran, baik berupa debit air maupun besarnya suhu. Hasil keluaran ini dideteksi oleh instrumen ukur berupa perubahan tegangan yang dihasilkan potensiometer pada proses pencampuran, maupun dari termokopel untuk pengontrolan suhu. Hasil pendeteksian ini dikembalikan sebagai pembanding sinyal masukan.

Secara teknis, pencampuran dan pengontrolan suhu yang terprogram dapat dilihat pada Gambar 19. Mula-mula kita memberikan tegangan tetap (AO) sebesar 5 volt melalui *device* 002. PC-816 DA-1 I/O=200H Slot 1 pada *Channel* 1. Kemudian tegangan ini dihubungkan dengan potensiometer 500 k ohm yang akan mengeluarkan tegangan masukan yang sesuai dengan bukaan keran. Tegangan masukan ini akan dibaca oleh *device* 003. PCL-816 with *Exp. I/O*=200H Slot 0 pada *Channel* 1.

Penambahan perhitungan matematis juga dilakukan untuk menyempurnakan proses pengontrolan ini. Dalam pengontrolan proses pencampuran ini digunakan



- = Masukan tegangan analog dari potensiometer
- = Keluaran tegangan analog ke potensiometer
- = Keluaran tegangan untuk mengatur putaran pompa
- = Tampilan hasil akuisisi data
- = Simbol perintah untuk pengeluaran sinyal digital
- = Simbol perintah untuk menjalankan waktu
- = Simbol perintah untuk menyimpan data hasil akuisisi
- = Simbol untuk menjalankan atau mematikan sinyal digital berdasarkan data pengukuran suhu pada tangki minyak
- = Program perhitungan nilai Z (jumlah air yang dibutuhkan)
- = Program perhitungan debit minyak
- = Program perhitungan debit air
- = Program perhitungan tegangan yang harus dikeluarkan
- = Simbol untuk mengakuisisi data suhu pada tangki minyak
- = Simbol untuk mengakuisisi data suhu pada tangki air

AI1
AO1
AO2
Disp1
DO1/DO2
ET1
Log1
ONF1

PRG1
PRG2
PRG3
PRG4
TMP1
TMP2

Gambar 10. Diagram Alir Pengontrolan Proses Pencampuran

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

empat macam PRG. PRG 1 adalah baris program untuk menghitung banyaknya air yang dibutuhkan dalam proses pencampuran ini (Z). Dari Persamaan 6 terlihat bahwa nilai Z ini dipengaruhi oleh kadar minyak awal dan akhir. Karena kadar minyak awal berfluktuasi dan tergantung dari hasil pengepresan (Guthrie, 1995) sementara kadar minyak akhir dibiarkan tergantung kondisi yang diinginkan, maka kadar minyak awal dan akhir dibiarkan mengambang dan dapat diubah sesuai kebutuhan dengan batas antara 0-100. Kemudian nilai kadar minyak awal dan kadar minyak yang diinginkan dibuat sebagai suatu variabel yang dapat diubah-ubah dan mempengaruhi nilai kadar air yang dibutuhkan. Dengan memasukkan nilai kadar minyak awal ($KM1$) sebesar 58,4817 % dan nilai kadar minyak yang diinginkan ($KM2$) sebesar 30 % dan 40 %, maka dengan menggunakan Persamaan 6 akan diperoleh banyaknya air yang harus ditambahkan (Z) sebesar 0,94939 ml dan 0,4620425 ml/1 ml minyak campuran. Dengan memasukkan nilai Q_m dan Z ke dalam Persamaan 8, akan diperoleh nilai Q_a , yaitu debit air yang ditambahkan. Tetapi sebagai nilai standard, digunakan nilai kadar minyak awal hasil pengujian CPO sebesar 58,4817 dan kadar minyak akhir 30 serta 40. Nilai kadar minyak awal dan akhir ini menggunakan fasilitas NCTL.

Penambahan program yang kedua (PRG 2) dilakukan untuk mengkonversikan besaran tegangan masukan akibat perubahan posisi keran terhadap debit minyak. Dari hasil kalibrasi debit minyak campuran terhadap tegangan masukan yang diterima oleh AI, maka diperoleh Persamaan 10 berupa persamaan regresi sebagai berikut :

$$Q_m = 155,23 \times A_I \dots(10)$$

Persamaan diatas mempunyai nilai $R^2 = 0,99$.

Perhitungan konversi ini mengacu pada Persamaan 10. Keluaran dari PRG 1 dan PRG 2 akan menjadi masukan bagi PRG 3 untuk menentukan debit air yang harus dikeluarkan. Perhitungan debit air yang harus dikeluarkan dapat dilihat pada Persamaan 8. Hasil perhitungan dari PRG 3 ini akan diolah lagi dengan menggunakan Persamaan 11 pada PRG 4 untuk menentukan besarnya tegangan yang akan menjalankan pompa. Nilai Q_a diperoleh dari tegangan keluaran (AO) yang mengatur putaran pompa. Hubungan antara Q_a dengan AO dapat dilihat dari Persamaan 11 hasil kalibrasi tegangan keluaran terhadap debit air :

$$AO = 0,00666 \times Q_a + 0,6429 \dots(11)$$

Nilai Q_a adalah dependen terhadap Q_m . Perubahan Q_m akan mengakibatkan perubahan nilai Q_a sesuai dengan Persamaan 8. Untuk menghasilkan nilai Q_a yang diinginkan, maka dibutuhkan tegangan keluaran (AO) mengikuti Persamaan 9.

Hasil perhitungan PRG 1 hingga PRG 4 disimpan untuk memudahkan analisa dan pengamatan data. Program lengkap proses pencampuran ini dapat dilihat pada Lampiran 10.

Setelah memasukkan Persamaan 6-9 ke dalam program, maka diperoleh hasil akhir berupa tegangan keluaran (AO) yang akan menghasilkan debit air yang dibutuhkan. Tegangan keluaran ini dikeluarkan oleh *device* 002. PC-816 DA-1 I/O=200H Slot 1 pada *Channel* 0.

Pengontrolan suhu pada proses pencampuran teknis dilakukan sebagai berikut.

Suhu yang terbaca oleh termokopel dibaca oleh *device* 003. PCL-816 with Exp. I/O=200H Slot 0 pada *Channel* 0 dan *Expansion Channel* 12 dan 14. Besaran tegangan yang masuk diperkuat 1000 kali oleh *device* diatas karena kecilnya perubahan tegangan akibat perubahan suhu tersebut ($\pm 0,001$ volt/ $^{\circ}$ C). Penguatan ini dilakukan secara lokal, dengan merubah *switch* pada *device* tersebut (Advantech, 1995). Tipe termokopel yang digunakan adalah termokopel tipe K. Termokopel ini kemudian akan mengatur mati hidupnya pemanas. Pengaturan mati hidupnya pemanas dilakukan secara *on-off*. Kita dapat mengatur *setpoint* suhu agar pemanas akan menyala dibawah suhu yang telah ditentukan dan mati jika suhu telah berada diatasnya. Pemanas ini digerakkan oleh *device* 001. PCL-816 I/O=200H Slot=0 pada bit ke 8 dan ke 15.

Penghalusan pemanas secara *on-off* menjadi proporsional integral diferensial (PID) atau fuzzy dapat dilakukan dengan menambahkan program perhitungan pada program pengontrolan. Penyelarasan perangkat keras juga dibutuhkan apabila penyalan pemanas menggunakan relay yang bersifat digital (*on-off*). Jika kita akan menyempurnakan program pengontrolan penggunaan *analog output* yang dilengkapi penguat dapat memperhalus grafik pengontrolan suhu karena dengan

penambahan program maka panas yang diberikan akan lebih mendekati panas yang dibutuhkan, dibandingkan apabila menggunakan cara *on-off*.

D. PENGUKURAN KADAR AIR PADA MINYAK

Mengingat pentingnya kadar air awal yang terkandung dalam minyak hasil pengepresan, maka dibutuhkan suatu metode tertentu untuk mengukur kadar air tersebut. Metode yang selama ini dilakukan adalah dengan mengambil contoh minyak yang kemudian dilakukan pengujian kadar minyak-air-NOS setiap jam dengan cara yang cukup sederhana, yaitu contoh tersebut disentrifuse secara manual sehingga masing-masing minyak, air dan kotorannya terpisah. Kemudian secara visual dikira-kira berapa perbandingan antara minyak, air dan kotoran yang terdapat pada minyak tersebut (Perkebunan Nusantara IV, 1995).

Untuk mengetahui secara pasti dan terus menerus kadar minyak-air-NOS tersebut cukup sulit, karena kadarnya selalu berubah terus menerus serta adanya aliran minyak sehingga tidak memungkinkan penggunaan peralatan secara elektronis maupun secara kimiawi. Jika menggunakan sensor yang berarus listrik, maka minyak tersebut harus dalam keadaan diam. Tetapi hal ini akan menghambat proses produksi, memakan tempat yang cukup besar dan meningkatkan ongkos produksi meskipun menyebabkan terjadinya pemisahan fraksi minyak dengan air dan NOS (yang memudahkan pengukuran). Alternatif lain secara kimiawi



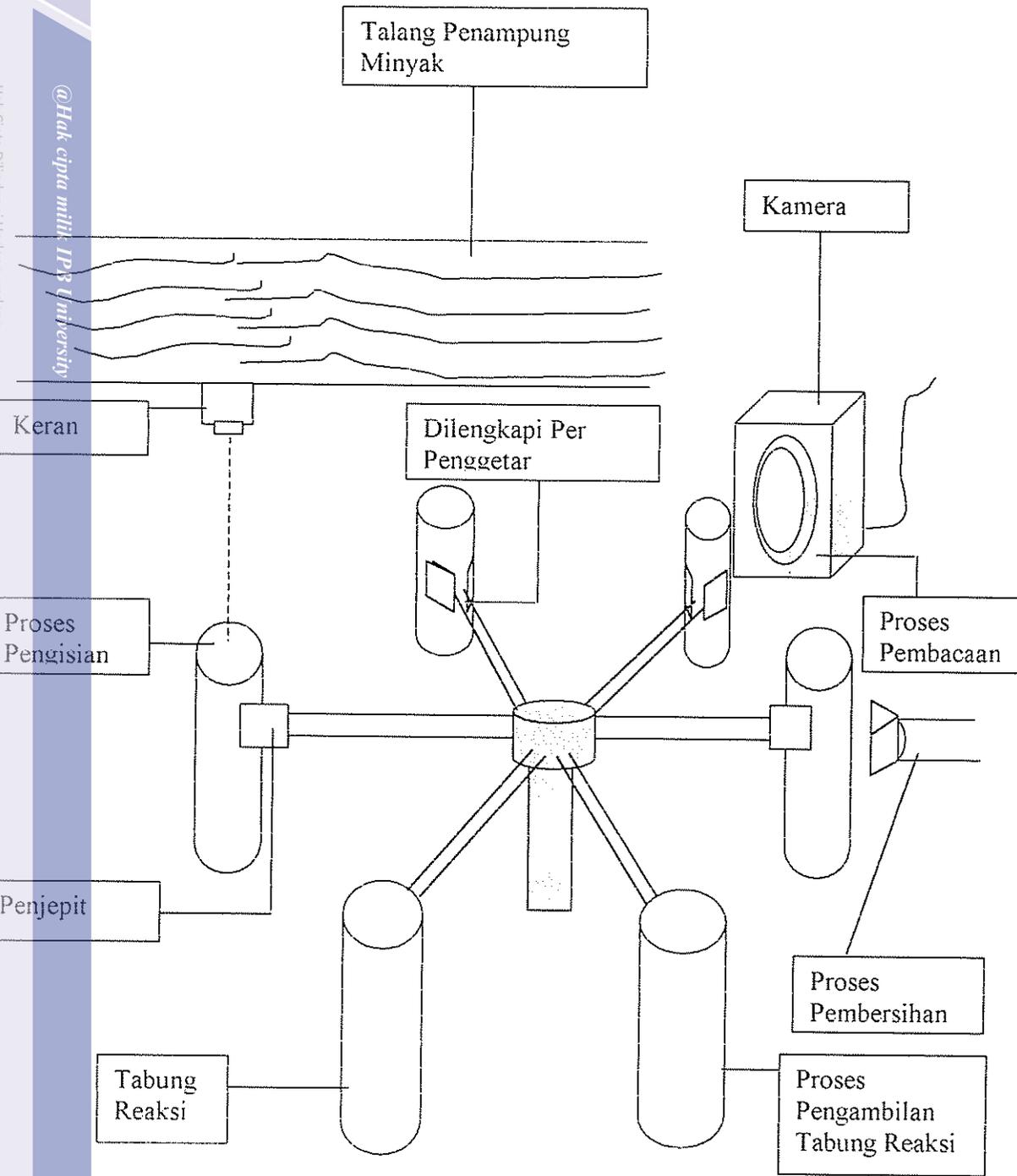
menimbulkan kekhawatiran akan terjadinya pencemaran minyak atau terjadinya kejenuhan ikatan air dengan senyawa tersebut akibat adanya aliran minyak.

Oleh sebab itu, maka dipilih cara modifikasi pengujian kadar air pada minyak secara mekanis dan otomatis. Prinsip pengujian kadar air tersebut hampir sama dengan pengujian kadar air dengan sentrifusa manual yang kemudian dilihat hasil pemisahannya secara visual. Modifikasi ini dilakukan dengan menambahkan peralatan mekanis yang otomatis untuk mengambil contoh dan hasilnya dapat dilihat secara visual dengan menggunakan *image sensor*, yang keduanya dapat dihubungkan dengan komputer.

Gambar 20 menunjukkan skema dan prinsip kerja pengambilan contoh tersebut. Mula-mula minyak yang keluar dari hasil pengepresan ditampung dan dialirkan di talang. Kemudian salah satu bagian tengah talang tersebut dilubangi sebagai tempat pengeluaran minyak. Lubang tersebut dapat dilengkapi dengan aktuator berupa keran otomatis (*control valve* atau dapat juga menggunakan keran *on-off* otomatis), sehingga dapat mengeluarkan minyak campuran secara otomatis. Kemudian untuk menampung minyak tersebut, digunakan tabung reaksi yang dijepit oleh semacam jari. Jari tersebut dapat membuka atau menutup sesuai dengan kebutuhan, untuk memegang atau melepaskan tabung reaksi tersebut. Sebagai pangkal jari tersebut, dapat menggunakan lengan berporos, dimana pada bagian porosnya dapat menggunakan motor step yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

Agar proses sentrifusa dapat berlangsung maka pada bagian jari tersebut dilengkapi dengan per pada bagian pangkalnya. Per ini dapat diatur sehingga jika

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 20. Skema Pengambilan Contoh Secara Otomatis

diberi tegangan tertentu dapat menggetarkan jari, seperti pada proses sentrifusa. Seiring dengan berputarnya lengan berporos tersebut, maka akan terjadi pemisahan antara minyak-air-NOS akibat putaran sentrifusa tersebut. Kemudian hasil pemisahan tersebut dapat dilihat dengan menggunakan *image sensor* sehingga dapat diketahui perbandingan minyak-air-NOS secara visual. Setelah melewati *image sensor* tersebut, maka jari yang memegang tabung reaksi tersebut dapat melepaskan tabung reaksi tersebut (yang disambut oleh alat yang lain untuk menumpahkan minyak hasil sentrifusa dan mencuci tabung tersebut) dan mengambil tabung reaksi baru yang telah dibersihkan.

Pembersihan tabung reaksi cukup dilakukan dengan menggunakan air panas sehingga minyak dapat larut dan dialirkan lagi ke dalam talang. Sementara banyaknya minyak yang dikeluarkan keran tersebut dapat diatur dan waktunya disesuaikan dengan putaran motor step. Lengan berporos tersebut dapat disesuaikan banyaknya antara 6-60 lengan tergantung situasi dan kondisi setempat. Waktu putaran motor dapat disesuaikan dengan banyaknya jumlah lengan pada poros tersebut.

Untuk meningkatkan ketepatan, perlu juga diperhitungkan laju aliran minyak tersebut dengan waktu proses sentrifusa dan pembacaan hasilnya. Hal ini akan mempercepat pengiriman air sejumlah yang diinginkan seketika pada saat kita telah mengetahui hasil pembacaan kadar air dan jumlah air yang harus ditambahkan. Hal ini juga akan menambahkan air tepat pada bagian minyak yang diambil contohnya.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Penggunaan otomatisasi untuk pencampuran minyak dengan air pada proses penjernihan dapat disimpulkan berjalan dengan baik, meskipun terdapat perbedaan kadar minyak dari hasil yang diinginkan terhadap hasil pengujian sebesar rata-rata 0,88 %. Penggunaan peralatan otomatisasi ini diluar perhitungan ekonomi dapat langsung diterapkan dalam industri pengolahan kelapa sawit dengan sedikit modifikasi dan pemilihan peralatan yang tepat untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Penentuan kadar minyak terbaik hasil pencampuran tergantung dari karakteristik minyak itu sendiri dan dari kondisi peralatan yang digunakan. Pada pengujian diatas diperoleh hasil pencampuran dengan perbandingan 30:70 menghasilkan lebih kecil (sebesar 0,23 % dari nilai yang diinginkan) dibandingkan dengan perbandingan 40:60. Hal ini disebabkan adanya keterbatasan kemampuan alat, sehingga perlu diuji dengan menggunakan alat yang lain.

Pada proses penjernihan, terlihat bahwa adanya kecenderungan menurunnya kadar minyak seiring dengan semakin tingginya suhu dan semakin lamanya waktu pengendapan, baik untuk perbandingan 30:70 maupun untuk perbandingan 40:60. Kecenderungan yang diikuti kecenderungan meningkatnya kadar air dan kadar NOS, merupakan konsekuensi yang wajar akibat adanya kemungkinan-

kemungkinan karena karakteristik minyak itu sendiri, baik karena terjadinya hidrolisa pada minyak yang menyebabkan terbebasnya asam lemak bebas berantai pendek dan mudah menguap, karena terjadinya kerusakan minyak akibat pemanasan sehingga komponen volatil pada minyak menguap, terjadinya hidrolisa yang menyebabkan kerusakan akibat adanya sejumlah air dalam minyak tersebut serta adanya lapisan ketiga yang terikut ke dalam pengutip minyak.

Pengontrolan suhu secara otomatis dapat dilakukan dengan memperhatikan karakteristik termokopel yang cukup peka terhadap perubahan keadaan sekitarnya seperti adanya aliran maupun letak penempatan termokopel tersebut terhadap benda yang hendak diukur suhunya. Penggunaan peralatan atau sistem pemanasan yang lebih baik akan sangat mendukung proses pengontrolan suhu yang lebih stabil.

Penggunaan komputer sangat membantu, baik dalam proses produksi maupun pada pengolahan data. Dengan menggunakan perangkat keras yang tepat, pengontrolan proses produksi dapat dilakukan secara otomatis, sehingga dapat mengurangi tenaga kerja yang dibutuhkan. Tetapi tanpa dukungan perangkat lunak yang tepat, maka kehandalan perangkat keras yang dimiliki tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal. Dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak yang dikeluarkan oleh Advantech Corp., maka pemanfaatan peralatan pengontrolan berbasis komputer yang terpadu dapat dilakukan sehingga manfaatnya dapat dirasakan secara maksimal. Ditambah dukungan program yang tersusun dengan baik, maka hasilnya akan jauh lebih memuaskan lagi.

Untuk mengetahui nilai ekonomis penggunaan otomatisasi, perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan membandingkan proses otomatisasi dengan proses manual. Penelitian lebih lanjut pada bagian pengolahan kelapa sawit yang lain juga dapat dilakukan untuk mengetahui sampai sejauh mana penerapan teknologi dapat dimanfaatkan dalam industri kelapa sawit.

Penentuan penggunaan peralatan yang sesuai dengan kebutuhan juga dapat diteliti lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas produksi.

B. SARAN

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
- ... Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR PUSTAKA

- Advantech. Genie Reference Manual, Data Acquisition and Control Software. 1993. American Advantech Corp. Sunnyville, California.
- Advantech. Genie Runtime Operation Manual, Data Acquisition and Control Software. 1993. American Advantech Corp. Sunnyville, California.
- Advantech. PC-LabCard Series, User's Manual. 1995. American Advantech Corp. Sunnyville, California.
- Ariana, Diwan Prima. 1987. Disain dan Uji Teknis Model Kontrol Otomatis Kadar Air Tanah Menggunakan Komputer. Skripsi. Fakultas teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Bank Bumi Daya. 1988. Minyak kelapa sawit : suatu tinjauan produksi, pemasaran & prospek. Urusan Litbang Bank Bumi Daya. Jakarta.
- Carr, R. 1989. Processing of oilseed crops. *Di dalam* : Oil Crops of The World. Robbelen, G., R.K. Downey, A. Ashri (eds.). The AVI Publ. Co. Inc. Connecticut.
- Carlson, A. Bruce and David G. Gisser. 1981. Electrical Engineering, Concept and Applications. Addison-Wesley Publishing Co. Inc. Reading, Massachussets.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. 1991. Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Kedua. Balai Pustaka, Jakarta.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 1995. Pengolahan Kelapa Sawit. Tim Standarisasi Pengolahan Kelapa Sawit. Medan.
- Eriyatno. 1987. Analisa Sistem Industri Pangan. Laboratorium Rekayasa Proses Pangan, Pusat Antar Universitas - Pangan dan Gizi, IPB, Bogor.
- Eriyatno. 1996. Ilmu Sistem. Meningkatkan Mutu dan Efektifitas Manajemen. IPB-Press, Bogor.
- Faure, P. 1991. L'evolution des idees et des realisations en automatique (Control theory in perspektive). *Di dalam* : Frontiers in Pure and Applied Mathematics. R. Dautrey (ed). Elsevier Science Publishers. B.V. Amsterdam.



Gascon, J. P., J. M. Noiret, J. Meunier. 1989. Oil Palm. *Di dalam* : Oil Crops of The World. Robbelen, G., R.K. Downey, A. Ashri (eds.). The AVI Publ. Co. Inc. Connecticut.

Gunterus, Frans. 1994. Sistem Pengendalian Proses. Elex Media Computindo. Jakarta.

Guthrie Plantation & Agricultural. 1995. Guthrie Palm Oil Executives Course 1995. Guthrie Plantation & Agricultural Services SDN BHD. Seremban, Malaysia.

Hartley, C.W.S. 1967. The Oil Palm. Longman Group Ltd. London.

Hoe, Lim Kang dan D. A. M. Whiting. 1976. The Influence of the Non Newtonian Behaviour of Crude Palm Oil on The Design of Clarification Station Equipment. Prosiding of the International Developments in Palm Oil. Malaysian International Symposium on Palm Oil Processing & Marketing, 17-19 Juni 1976. Kuala Lumpur.

Hoe, Lim Kang dan D. A. M. Whiting. 1980. Material Balance of a Palm Oil Mill Clarification Station. Prosiding. International Conference on Palm Oil Product Technology in the Eighties. Kuala Lumpur.

International Contact Business System. 1997. Studi Tentang Perkebunan dan Pemasaran Minyak Kelapa Sawit Indonesia 1997. PT. International Contact Business System, Inc. Jakarta.

Ketaren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. UI Press. Jakarta.

Loebis, Boyke dan P. J. Everaets (1). 1975. Stasiun Klarifikasi I. Jurnal. Buletin Balai Penelitian Perkebunan, Medan, volume 6 edisi Desember 1975. Medan.

Loebis, Boyke dan P. J. Everaets (2). 1976. Stasiun Klarifikasi II. Jurnal. Buletin Balai Penelitian Perkebunan, Medan, volume 7 edisi Maret 1976. Medan.

Manning, W.A. 1984. Decision Making: How Computer Aids The Process. Journal Quality of Technology.

Naibaho, Ponten. M (1). 1996. Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.



Naibaho, Ponten. M (2). 1996. Upaya Penyetaraan Kapasitas Olah Efektif Terhadap Kapasitas Terpasang Pabrik Kelapa Sawit. Makalah Kursus Penyegar Pengendalian 'Losses' di Pabrik Kelapa Sawit, 4-8 Maret 1996. Lembaga Pendidikan Perkebunan, Medan.

Nurjaman, Fajar. 1995. Disain dan Uji Teknis Model Pencucian Kentang Secara Otomatis. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Perkebunan Nusantara IV. 1997. Norma dan Standar Fisik Bidang Teknik dan Pengolahan Tahun 1997. PT. Perkebunan Nusantara IV, Bah Jambi. Pematang Siantar.

Sakiadis, Byron. C. Ph.D. 1984. Fluid and Particle Mechanics. *Di dalam Perry's Chemical Engineers' Handbook 6th. Edition (Editor : Robert H. Perry, Don W. Green dan James O. Malaoney). McGraw Hill Book Company. New York.*

Setiawan, Sandi. 1991. Simulasi Teknik Pemrograman dan Metode Analisis Dengan Contoh Kasus dan Program Aplikasi. Andi Offset. Yogyakarta.

Sethi, P. S. 1995. Removal of Crystallization of Honey by Heating Method Using Microprocessor Based Programmable Temperature Controller. *Proceedings of The Food Process Automation Conference IV, 3-5 November 1995. ASAE. Chicago, Illinois.*

Sharon, D., J. Harstein dan G. Yantian. 1987. *Robotic and Automated Manufacturing. Pitman Publishing. London.*

Sivasothy. K. dan Nicholas B. H. Lim. 1985. Automation of Palm Oil Mill. *JAOCS, vol. 62 no.2. Kuala Lumpur.*

Susilo Sarwono dan Dewa Made Subrata. 1991. Kontrol Otomatik. IPB. Bogor.

Tiong. K. H., dan Nicholas B. H. Lim. 1987. Control of Crude Oil Dillution. *Prosiding. Workshop on the Current Status of Automation in Malaysian Palm Oil Mills, 20-21 April 1987. Kuala Lumpur.*



LAMPIRAN

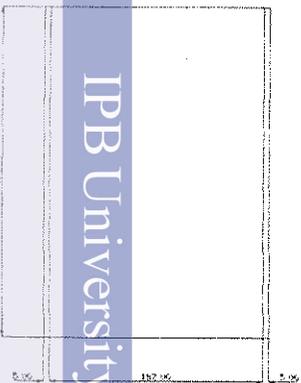
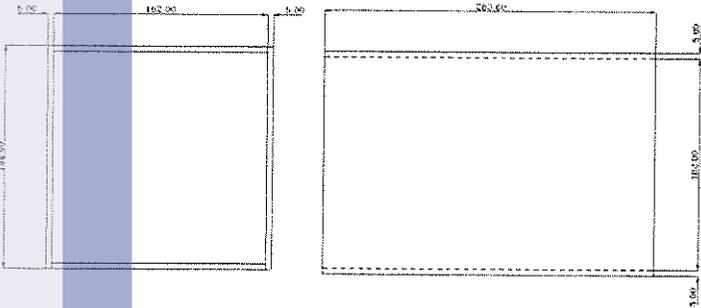
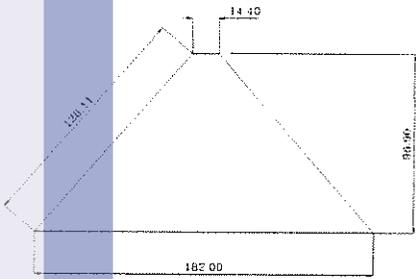
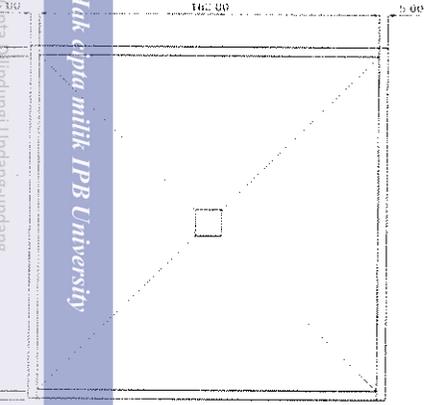
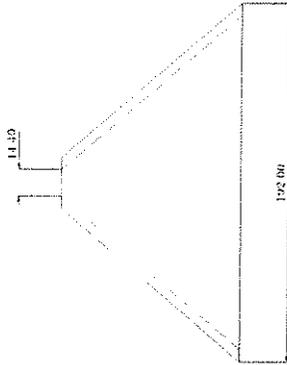
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 1. Ukuran Model Tangki Penjernihan

@Hak cipta milik IPB University



- Hak cipta dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 2. Perhitungan Ukuran Model Tangki Penjernihan

$$\begin{aligned}
 \text{Ukuran asli tangki} &: \quad d_1 = 4.262 \text{ mm}, \\
 &\quad d_2 = 300 \text{ mm}, \\
 &\quad t_1 = 5.900 \text{ mm}, \\
 &\quad \alpha = 30^\circ \\
 \\
 &= \frac{d_1}{2} \times \text{tg } \alpha = \frac{4262}{2} \times \text{tg } 30^\circ = 1.230,333424 \\
 &= \frac{d_2}{2} \times \text{tg } \alpha = \frac{300}{2} \times \text{tg } 30^\circ = 86,60254038 \\
 d_1 &= \frac{4.262}{5.900} \times t_1 = 0,722372881 \text{ t}_1 \\
 d_2 &= \frac{300}{4.262} \times \frac{4.262}{5.900} \times t_1 = 0,050847457 \text{ t}_1 \\
 \\
 t_2 &= \frac{\left(\frac{4.262}{5.900}\right)}{2} \times t_1 \times \text{tg } \alpha \\
 &= 0,20851088 \text{ t}_1 \\
 \\
 t_3 &= \frac{\left(\frac{300}{4.262}\right) \times \left(\frac{4.262}{5.900}\right)}{2} \times t_1 \times \text{tg } \alpha \\
 &= 0,014678396 \text{ t}_1
 \end{aligned}$$

$$V = \text{Volume tangki I} + \text{Volume Tangki II} - \text{Volume Tangki III}$$

$$= L \times t_1 + 1/3 \times L \times t_1 - 1/3 L \times t_2$$

$$= \frac{\pi \times d_1^2 \times t_1}{4} + \frac{\pi \times d_1^2 \times t_2}{12} - \frac{\pi \times d_2^2 \times t_3}{12}$$

$$= \frac{\pi \times 4.262^2 \times 5900}{4} + \frac{\pi \times 4.262^2 \times 1.230,333424}{12} - \frac{\pi \times 300^2 \times 86,60254038}{12}$$

$$= 84.172.220.410 + 5.850.841.590 + 2.040.524,285$$

$$= 90.021,021 \text{ liter}$$



Jika diasumsikan bahwa sisi horisontal tangki I berbentuk bujursangkar, maka seluruh sisinya akan sama panjang dan luas alas = s_1^2 .

$$\begin{aligned} \text{Ukuran tangki modifikasi} \quad : \quad V &= 90.021,021 \text{ liter,} \\ s_2 &= 300 \text{ mm,} \\ t_1 &= 5.900 \text{ mm,} \\ \alpha &= 30^\circ \end{aligned}$$

$$t_2 = \frac{s_1}{2} \times \text{tg } \alpha$$

$$t_3 = \frac{s_2}{2} \times \text{tg } \alpha = \frac{300}{2} \times \text{tg } 30^\circ = 86,60254038$$

$V = \text{Volume tangki I} + \text{Volume Tangki II} - \text{Volume Tangki III}$

$$V = s_1^2 \times t_1 + \frac{1}{3} \times s_1^2 \times \left(\frac{s_1}{2}\right) \times \text{tg } 30^\circ - \frac{1}{3} \times s_2^2 \times \left(\frac{s_2}{2}\right) \times \text{tg } 30^\circ$$

$$90.021,021 = 5.900 \times s_1^2 + 0,9622504486 \times s_1^3 - 2.598.076$$

$$s_1 = 3.790,7559 \text{ mm}$$

Kemudian dengan menetapkan perbandingan antara s_1 dengan t_1 menjadi :

$$s_1 = \frac{3.790,7559}{5.900} \times t_1 = 0,642501 t_1$$

$$s_2 = \frac{300}{3.790,7559} \times \frac{3.790,7559}{5.900} \times t_1 = 0,050847457 t_1$$

$$t_2 = \frac{\left(\frac{3.790,7559}{5.900}\right)}{2} \times t_1 \times \text{tg } \alpha$$

$$= 0,1835169431 t_1$$

$$t_3 = \frac{\left(\frac{300}{3.790,7559}\right) \times \left(\frac{3.790,7559}{5.900}\right)}{2} \times t_1 \times \text{tg } \alpha$$

$$= 0,1465182128 t_1$$

Setelah mendapatkan perbandingan antara s_1 dengan t_1 , maka kemudian dilakukan penentuan nilai t_1 untuk volume tangki sebesar 10 liter.

$$\begin{aligned}
 V &= s_1^2 \times t_1 + \frac{1}{3} \times s_1^2 \times \left(\frac{s_1}{2}\right) \times \text{tg } 30^\circ - \frac{1}{3} \times s_2^2 \times \left(\frac{s_2}{2}\right) \times \text{tg } 30^\circ \\
 &= (0,642501 \times t_1)^2 \times t_1 + \frac{1}{3} \times (0,642501 \times t_1)^2 \times 0,1835169431 \times t_1 \\
 &\quad - \frac{1}{3} \times (0,05084745763 \times t_1) \times 0,1465169431 \times t_1 \\
 &= 0,412807535 \times t_1^3 + 0,0252523923 \times t_1^3 - 0,0001262714272 \times t_1^3 \\
 10 &= 0,4379336559 \times t_1^3 \\
 t_1 &= 283,7029766 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 3. Prosedur Pengujian Kadar Minyak-Air-NOS Dari CPO

Untuk melakukan pengujian kadar minyak-air-NOS dari CPO, dilakukan sebagai berikut :

Mula-mula kita mengambil contoh minyak yang berasal dari tangki minyak murni, pengepres berulir, tangki lumpur dan tangki penampungan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kadar minyak-air-NOS pada saat sebelum pencampuran (pada pengepres berulir), setelah pencampuran (pada tangki penampungan) dan hasil setelah proses penjernihan (pada tangki minyak murni dan tangki lumpur).

2. Untuk mencari kadar air pada minyak tersebut, maka diambil contoh sebanyak 10 gram dengan dua kali ulangan pada cawan. Timbanglah berat cawan terlebih dahulu, lalu timbanglah berat cawan beserta contoh tersebut. Kemudian contoh tersebut dipanaskan ke dalam oven bersuhu 100°-110°C selama tiga jam agar air dalam minyak menguap. Setelah dipanaskan, masukkan cawan yang berisi contoh ke dalam desikator untuk menurunkan suhu selama kurang lebih 30 menit. Timbanglah berat cawan sebagai berat contoh jam pertama. Ulangi dua kali dengan selang waktu satu jam. Berat air dalam minyak dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{berat air} = \text{berat total awal} - \frac{\text{berat rata-rata total jam ke-I, II, III} - \text{berat cawan awal}}{\text{berat total awal}} - \text{berat cawan awal}$$

$$\text{kadar air} = \frac{\text{berat air}}{\text{berat total awal}} \times 100 \%$$

Lampiran 4.

Data Hasil Pengujian Kadar Minyak Air dan NOS di Pabrik Kelapa Sawit Dolok Ilir, Sumatera Utara

Kadar Air

	Tangki Minyak Murni A (gram)	Pengepres Berulir B (gram)	Tangki Lumpur C (gram)	Tangki Penampungan D (gram)
I				
Berat Awal	39,7272	34,0527	40,4599	35,9193
Berat Awal+Sample	49,7348	44,0640	50,5093	46,0214
Berat Jam I	49,7082	40,3616	41,9274	40,2943
Berat Jam II	49,7072	40,3545	41,9274	40,2898
Berat Jam III	49,7069	40,3481	41,9274	40,2857
Berat Air	0,0279	3,7159	8,5819	5,7357
Kadar Air (%)	0,2788	37,1171	85,3971	56,7773
II				
Berat Awal	37,5984	36,6922	42,7474	37,3610
Berat Awal+Sample	47,6136	46,7025	52,8624	47,5828
Berat Jam I	47,5877	43,3028	44,2775	41,6631
Berat Jam II	47,5866	43,2950	44,2767	41,6576
Berat Jam III	47,5831	43,2860	44,2729	41,6521
Berat Air	0,0305	3,4165	8,5895	5,9307
Kadar Air (%)	0,3045	34,1298	84,9184	58,0201
III				
Berat Awal	42,7472	36,691	34,0533	37,5973
Berat Awal+Sample	52,7606	46,7876	44,1745	47,6477
Berat Jam I	52,7349	43,0192	36,5927	41,7313
Berat Jam II	52,7346	43,0117	36,5733	41,729
Berat Jam III	52,732	43,0048	36,5548	41,7213
Berat Air	0,0286	3,7828	7,6197	5,9264
Kadar Air (%)	0,2856	37,4661	75,2846	58,9668
Rata-Rata	0,289647499	36,23766056	81,866709	57,9214083

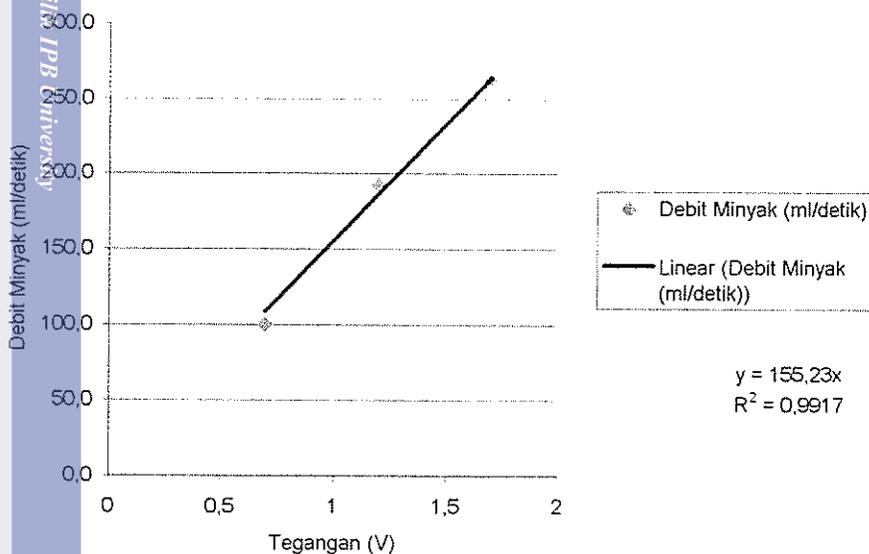
@Hak cipta milik IPB University

IPB University

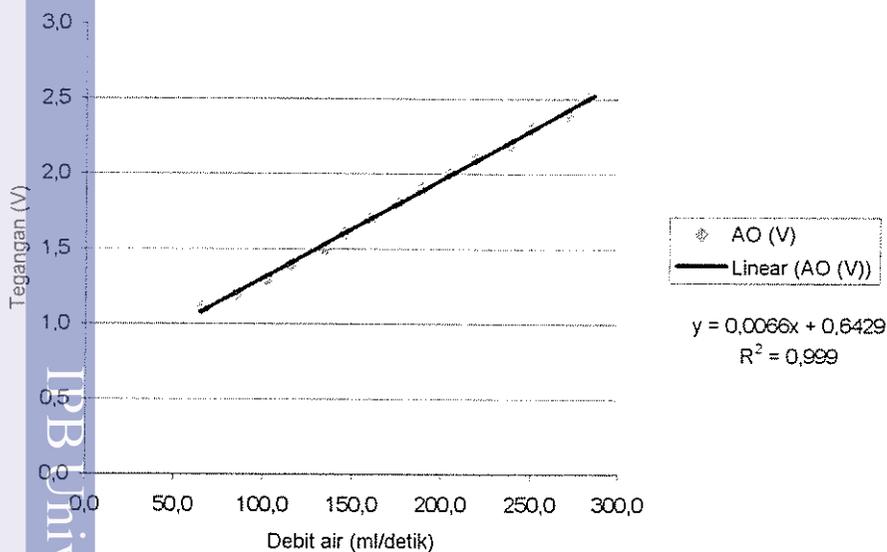
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang, Pasal 17, ayat 2, Undang-undang Nomor 19 Tahun 2002 tentang Hak Cipta.
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya atau sebagian dari suatu karya tanpa izin penciptanya atau penciptanya.
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

	Tangki Minyak Murni A (gram)	Pengepres Berulir B (gram)	Tangki Lumpur C (gram)	Tangki Penampungan D (gram)
Berat Awal	1,1816	1,1790	1,1614	1,1962
Berat Awal+Sample	1,1846	1,7412	1,2970	1,6254
Berat Kotoran	0,0030	0,5622	0,1356	0,4292
Kadar Kotoran	0,029977217	5,615654311	1,34933429	4,248621574
II				
Berat Awal	1,0052	0,9847	1,0667	0,9547
Berat Awal+Sample	1,0081	1,4738	1,1150	1,4166
Berat Kotoran	0,0029	0,4891	0,0483	0,4619
Kadar Kotoran	0,028955987	4,885967454	0,47750865	4,518773602
III				
Berat Awal	1,0312	1,0215	1,0057	1,0307
Berat Awal+Sample	1,0428	1,5607	1,5300	1,5263
Berat Kotoran	0,0116	0,5392	0,5243	0,4956
Kadar Kotoran	0,115844768	5,340411624	5,18021578	4,931147019
Rata-Rata	0,058259324	5,280677796	2,33568624	4,566180731
	Oil Tank A (gram)	Screw Press B (gram)	Sludge Tank C (gram)	Rough Oil Tank D (gram)
I				
Berat Minyak	9,9767	5,7332	1,3319	3,9372
Kadar Minyak	99,69123466	57,26728796	13,2535276	38,9740747
II				
Berat Minyak	9,9818	6,1047	1,4772	3,8292
Kadar Minyak	99,66650691	60,98418629	14,6040534	37,46111252
III				
Berat Minyak	9,9732	5,7746	1,9772	3,6284
Kadar Minyak	99,59853796	57,19351069	19,535233	36,10204569
Rata-Rata	99,65209318	58,48166165	15,7976046	37,51241097

Hubungan Antara Tegangan dengan Debit Minyak



Hubungan Antara Debit Air dengan Tegangan



Lampiran 5. Hasil Kalibrasi Tegangan dengan Debit Minyak dan Debit Air

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dianggap mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dianggap menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 6. Data Hasil Pengujian Kadar Minyak Air dan NOS Hasil Penjernihan

Pencampuran Suhu Waktu Ulangan Pengutip

(oC) (jam) Minyak Air Kotoran

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

	(oC)	(jam)		Minyak	Air	Kotoran			
60-40	85	4	I	99,5813	99,1612	0,3348	0,6316	0,0839	0,2072
			II	98,7411		0,9284		0,3305	
		5	I	98,2284	98,7450	1,6435	1,0857	0,1281	0,1692
			II	99,2617		0,5279		0,2104	
		6	I	99,3535	99,2432	0,4500	0,5456	0,1965	0,2113
			II	99,1329		0,6411		0,2260	
	90	4	I	99,3602	98,6943	0,5265	0,9369	0,1132	0,3688
			II	98,0284		1,3472		0,6244	
		5	I	98,9265	98,2619	0,9934	1,3185	0,0802	0,4197
			II	97,5972		1,6436		0,7592	
		6	I	99,3837	99,0894	0,4738	0,6291	0,1426	0,2815
			II	98,7952		0,7844		0,4204	
	95	4	I	97,6807	98,5520	1,8170	1,1353	0,5022	0,3127
			II	99,4233		0,4535		0,1232	
		5	I	98,7877	99,1241	1,1577	0,8000	0,0546	0,0759
			II	99,4605		0,4423		0,0972	
		6	I	99,1204	99,0837	0,6792	0,6968	0,2003	0,2194
			II	99,0470		0,7144		0,2385	
70-30	85	4	I	99,3042	99,1187	0,4908	0,5581	0,2050	0,3232
			II	98,9333		0,6255		0,4413	
		5	I	99,3162	99,2414	0,4951	0,4748	0,1887	0,2838
			II	99,1665		0,4546		0,3789	
		6	I	98,6771	99,0571	1,1520	0,7281	0,1709	0,2149
			II	99,4371		0,3041		0,2588	
	90	4	I	99,3986	98,1216	0,4988	1,3588	0,1026	0,5196
			II	96,8446		2,2187		0,9367	
		5	I	97,6577	97,9934	2,2179	1,6282	0,1245	0,3784
			II	98,3292		1,0385		0,6323	
		6	I	98,5046	97,9914	1,5664	1,6931	0,1306	0,4162
			II	97,4782		1,8198		0,7019	
	95	4	I	99,4115	99,3303	0,5091	0,5604	0,0795	0,1093
			II	99,2492		0,6117		0,1392	
		5	I	99,4904	99,2881	0,4829	0,6154	0,0267	0,0965
			II	99,0858		0,7479		0,1663	
		6	I	99,4944	99,2126	0,4356	0,6608	0,0700	0,1265
			II	98,9309		0,8860		0,1831	

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, dan penyusunan karya tulis lainnya yang dipublikasikan;
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

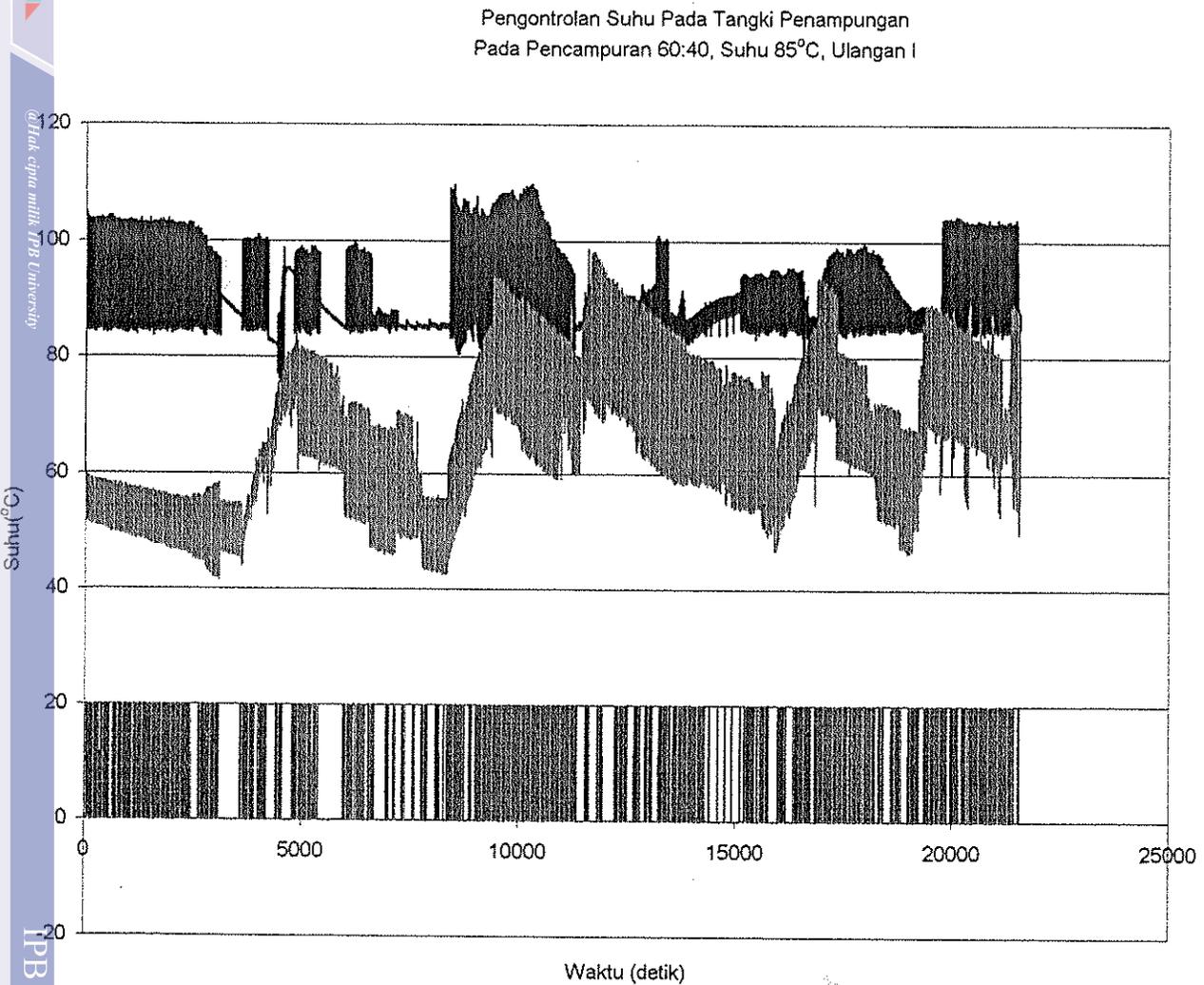
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

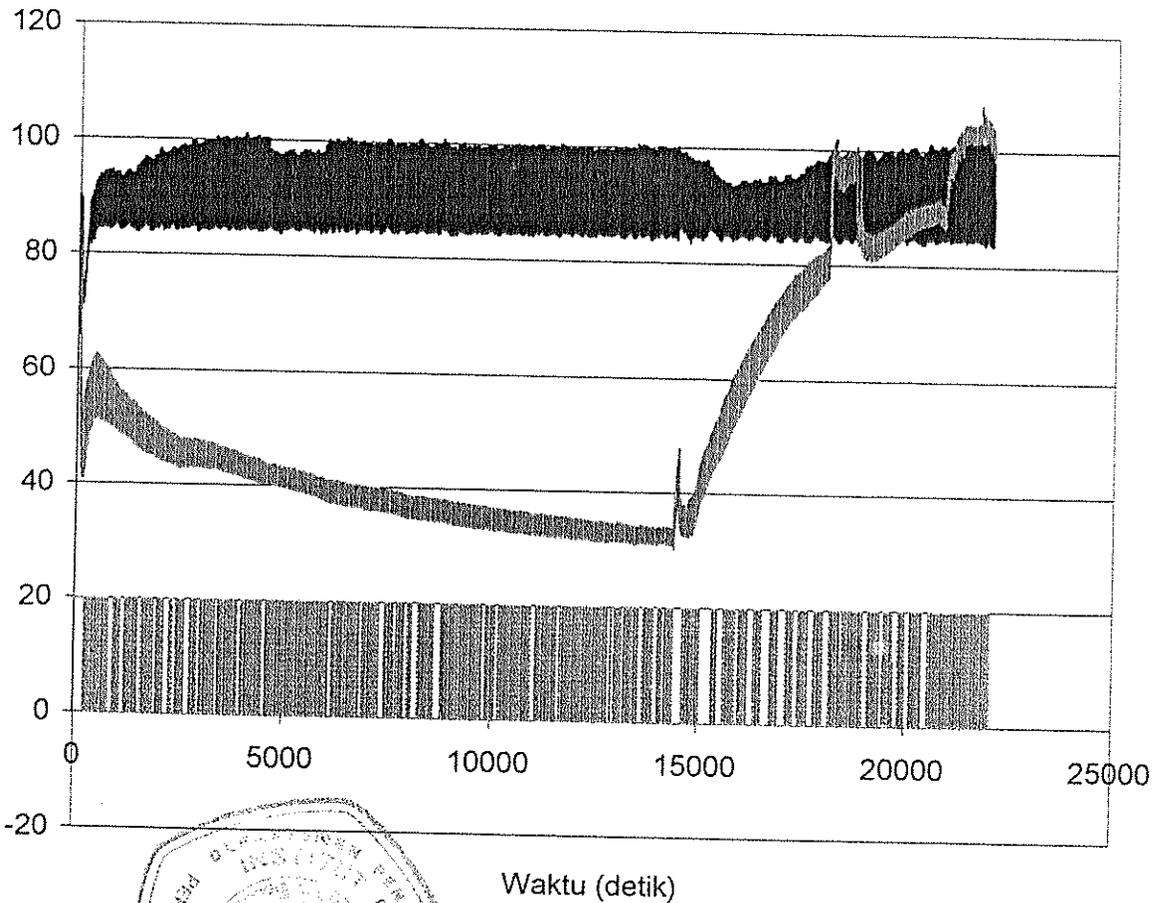
Pencampuran Suhu Waktu Ulangan Saluran Pembuatan Endapan
(oC) (jam) Minyak Air Kotoran

<p>60:40</p> <p>Hak Cipta Dilindungi Undang-undang</p> <p>1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.</p> <p>2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.</p> <p>3. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPRB University.</p> <p>4. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPRB University.</p>	<p>@Hak cipta milik IPRB University</p>	85	4	I	1,6363	2,9631	92,3728	91,6628	5,9909	5,3741		
				II	4,2898		90,9529		4,7573			
		5	I	0,2694	1,7022	94,1689	93,0596	5,5617	5,2382			
			II	3,1349		91,9504		4,9147				
		6	I	0,7382	3,4699	93,5934	90,9296	5,6683	5,6005			
			II	6,2015		88,2658		5,5327				
		90	4	I	1,4932	2,5810	92,6261	91,8626	5,8807	5,5564		
				II	3,6689		91,0990		5,2321			
			5	I	1,2612	1,1003	93,2167	93,2952	5,5221	5,6046		
				II	0,9394		93,3737		5,6870			
			6	I	0,9715	0,9727	92,8442	93,3096	6,1844	5,7177		
				II	0,9738		93,7750		5,2511			
		95	4	I	0,4210	1,2431	92,4229	92,3669	7,1561	6,3900		
				II	2,0651		92,3109		5,6239			
			5	I	0,7588	0,5510	91,3721	92,4874	7,8691	6,9615		
				II	0,3433		93,6027		6,0540			
			6	I	0,1529	0,1945	91,5950	92,5831	8,2521	7,2224		
				II	0,2361		93,5712		6,1927			
		<p>70:30</p>	<p>@Hak cipta milik IPRB University</p>	85	4	I	2,4372	2,6138	93,4788	93,6078	4,0840	3,7785
						II	2,7903		93,7367		3,4730	
				5	I	2,8771	2,9448	93,3578	93,2565	3,7651	3,7987	
					II	3,0124		93,1553		3,8323		
				6	I	2,8528	3,0715	93,2106	93,1075	3,9367	3,8210	
					II	3,2903		93,0043		3,7054		
90	4			I	2,1049	2,0980	94,3234	93,8993	3,5718	4,0027		
				II	2,0912		93,4753		4,4335			
	5			I	1,5391	1,8543	95,4069	94,0322	3,0539	4,1136		
				II	2,1694		92,6574		5,1732			
	6			I	1,0794	1,0730	95,2006	94,7569	3,7200	4,1702		
				II	1,0665		94,3131		4,6203			
95	4			I	2,4709	2,6860	93,4341	93,1877	4,0950	4,1263		
				II	2,9011		92,9412		4,1576			
	5			I	2,4643	2,2923	93,4486	93,2553	4,0871	4,4524		
				II	2,1203		93,0620		4,8177			
	6			I	1,8631	1,7189	94,5630	93,7780	3,5739	4,5031		
				II	1,5747		92,9930		5,4323			

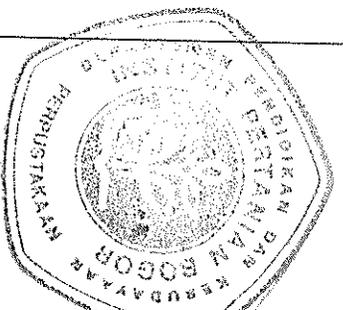
Lampiran 7. Hasil Pengontrolan Suhu Proses Penjerihan



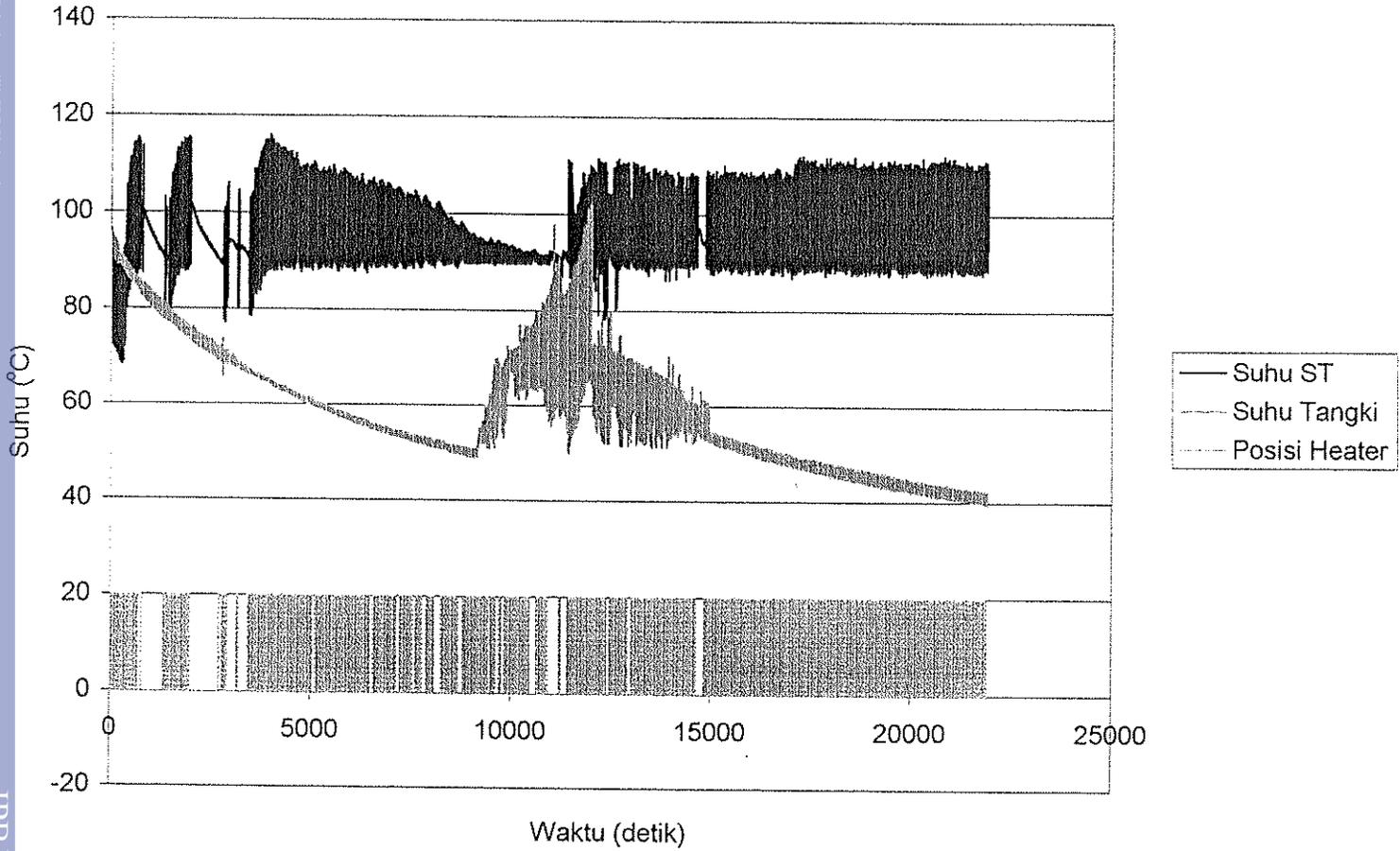
Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan
 Pada Perbandingan 60:40, Suhu 85°C Ulangan II



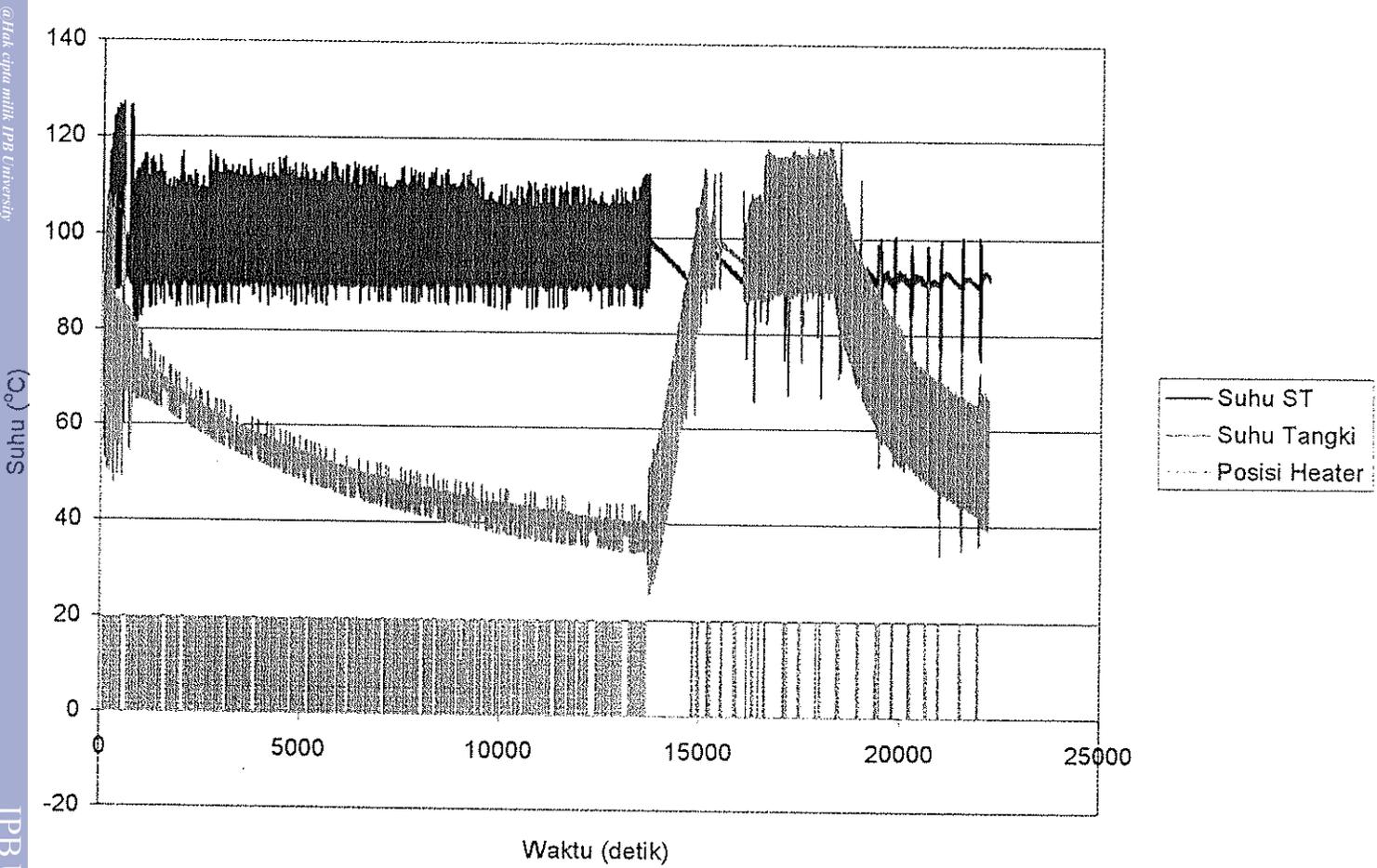
— Suhu ST
 - - - Suhu Tangki
 . . . Posisi Heater



Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan
 Pada Pencampuran 60:40, Suhu 90°C Ulangan I



Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan
 Pada Pencampuran 60:40, Suhu 90°C Ulangan II



@Hak cipta milik IPB University

(C) nqns

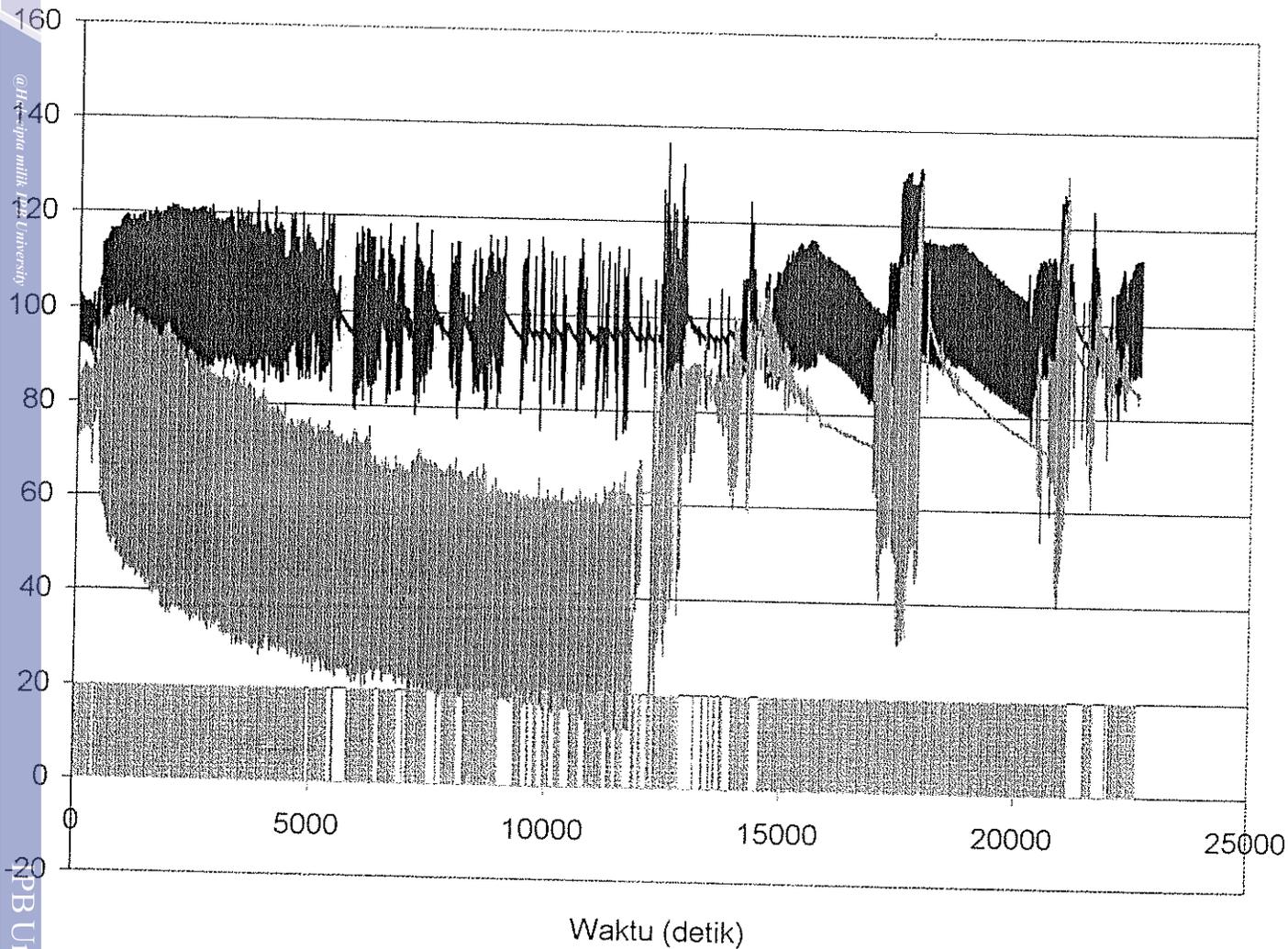
IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
3. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
4. Dilarang mengkomersialkan dan memperjualbelikan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

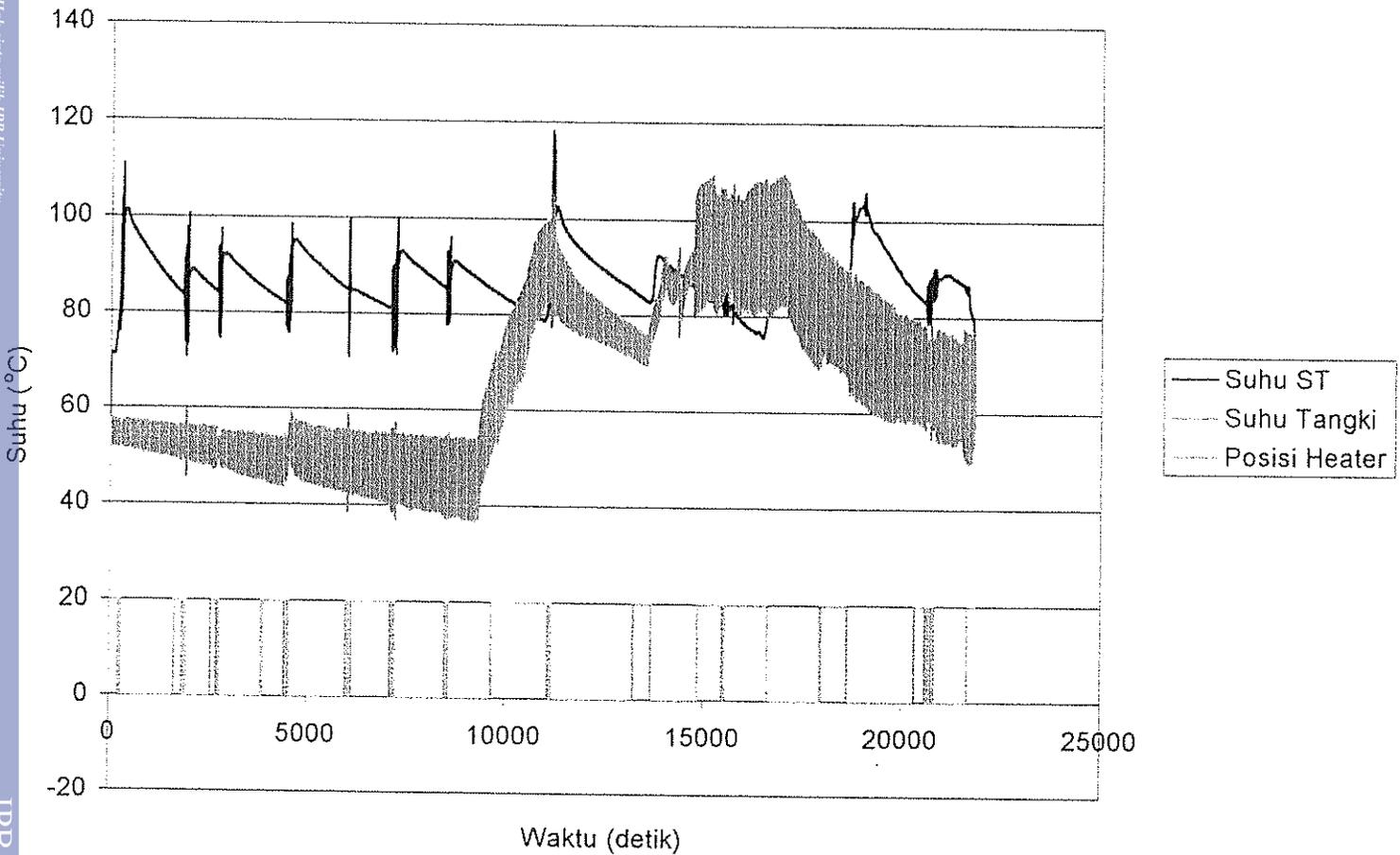
Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan Pada Pencampuran 60:40, Suhu 95°C Ulangan II

Lampiran 7. (Lanjutan)

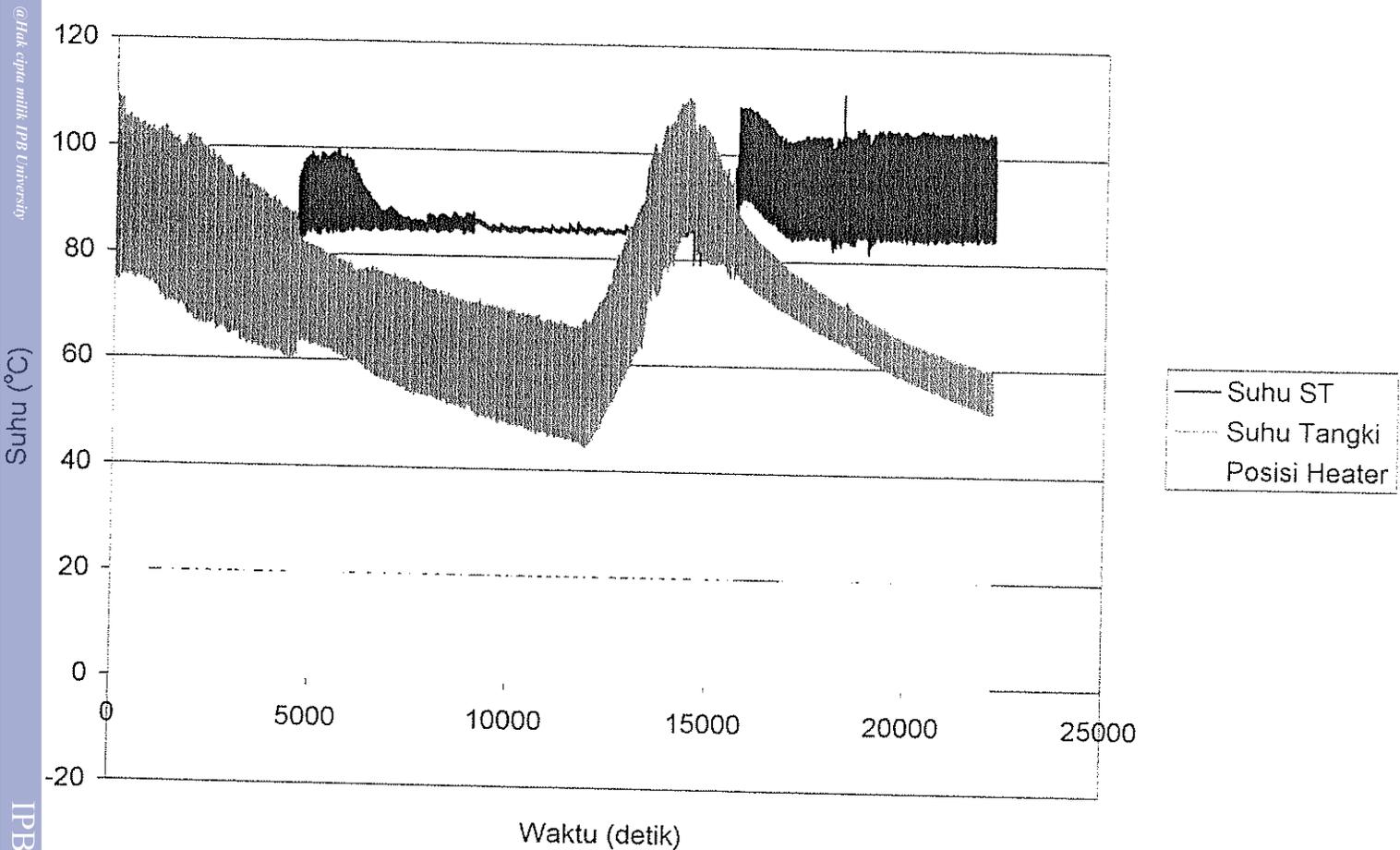


— Suhu ST
— Suhu Tangki
— Posisi Heater

Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan
 Pada Perbandingan 70:30, Suhu 85°C Ulangan I



Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan
 Pada Perbandingan 70:30, Suhu 85°C Ulangan II

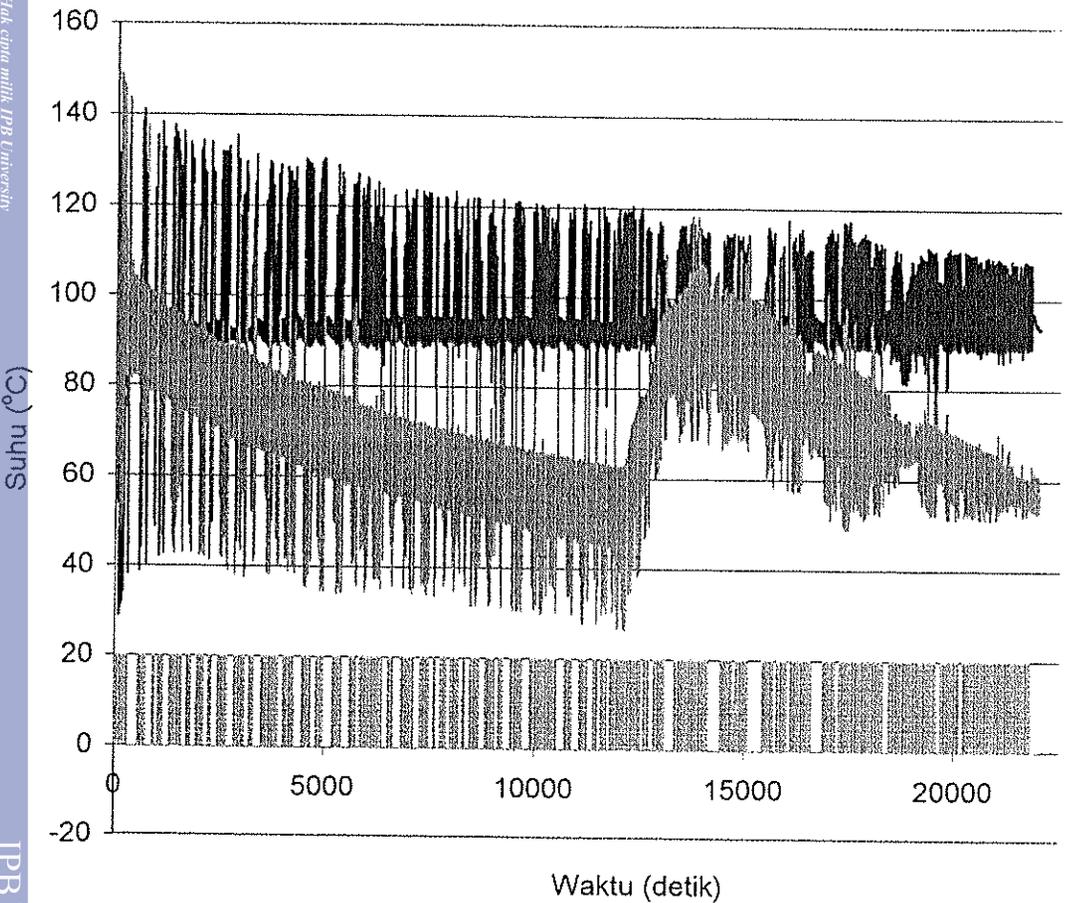


@Hak cipta milik IPB University

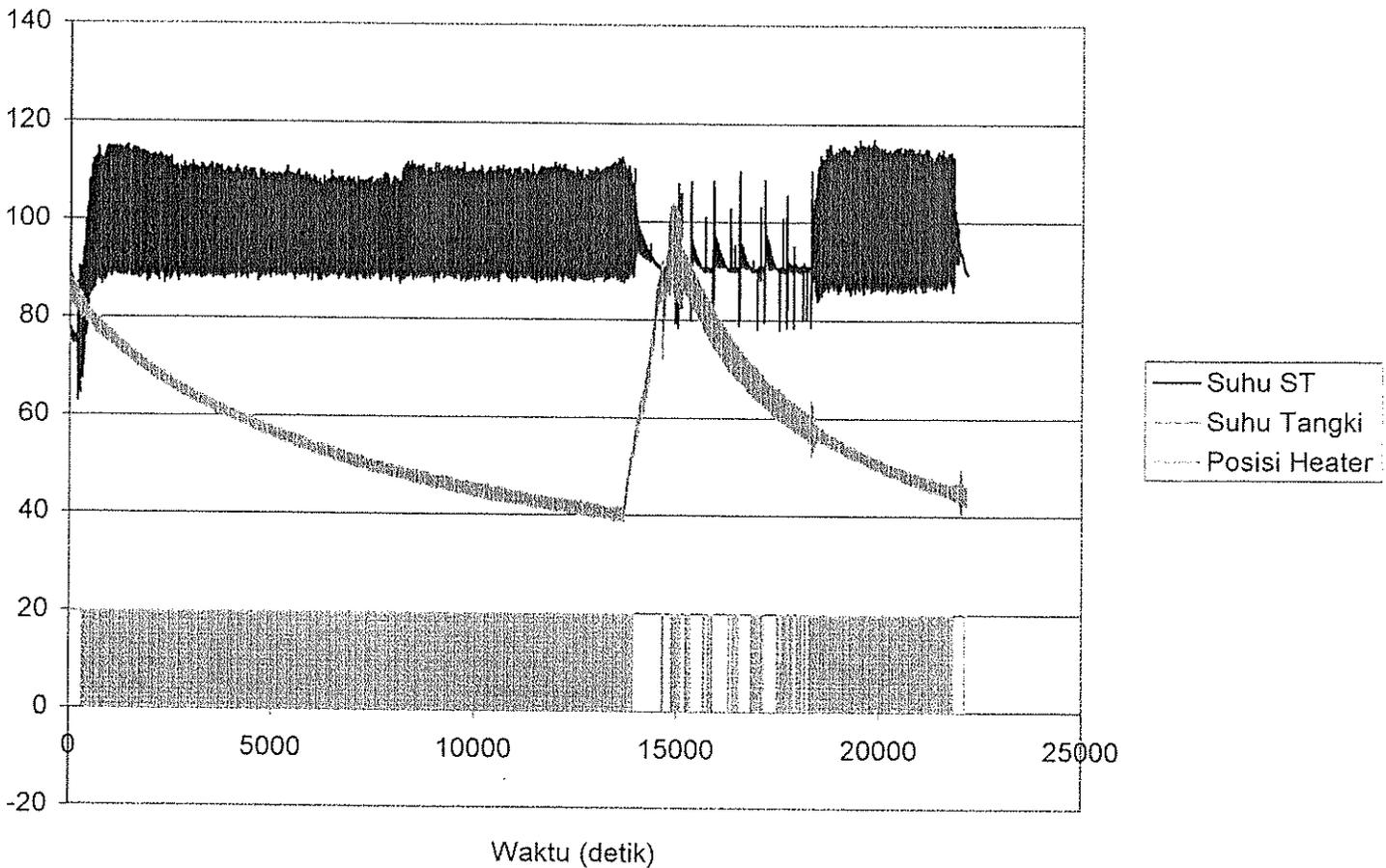
(C) nqns

IPB University

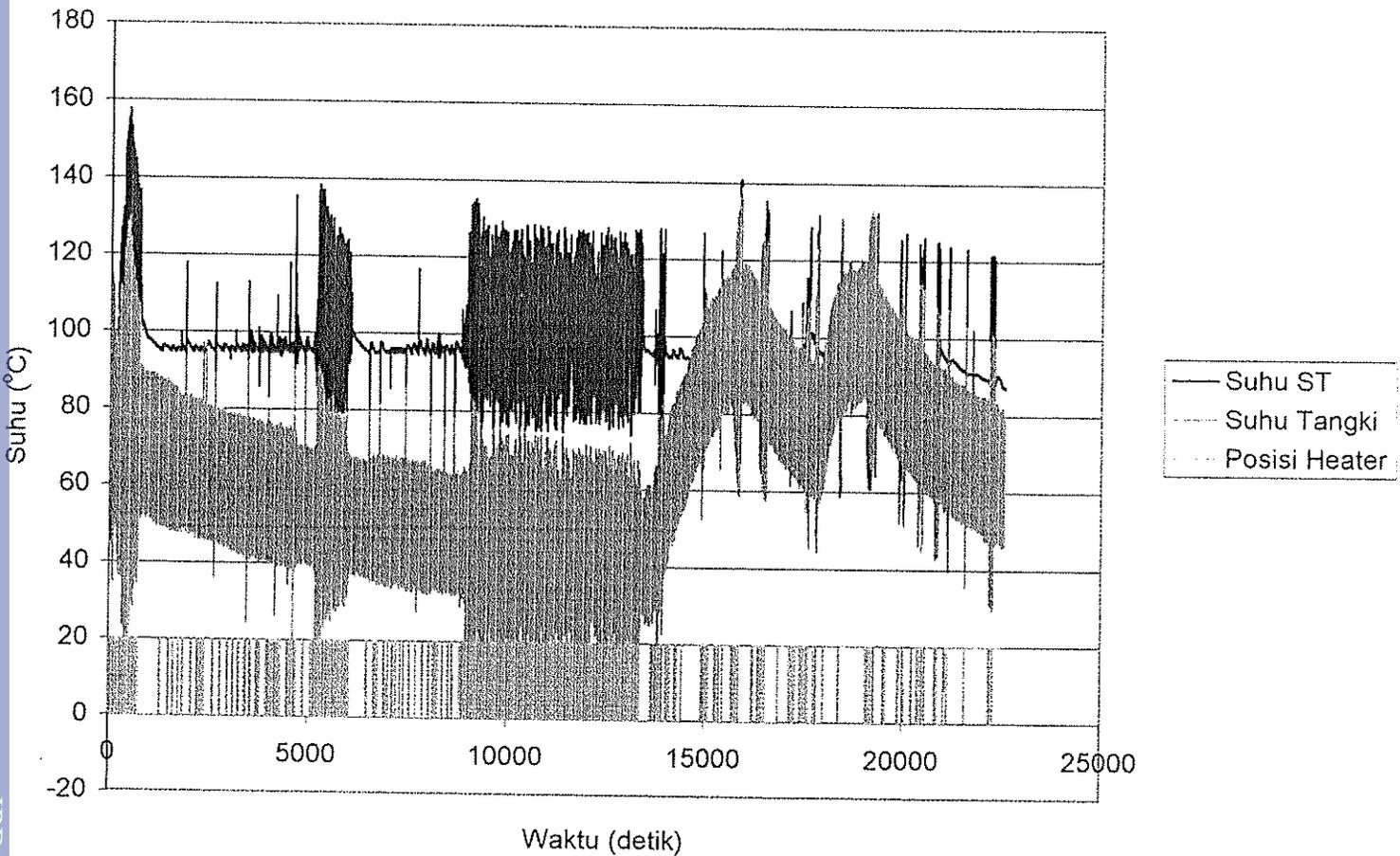
Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan Pada Perbandingan 70:30, Suhu 90°C Ulangan I



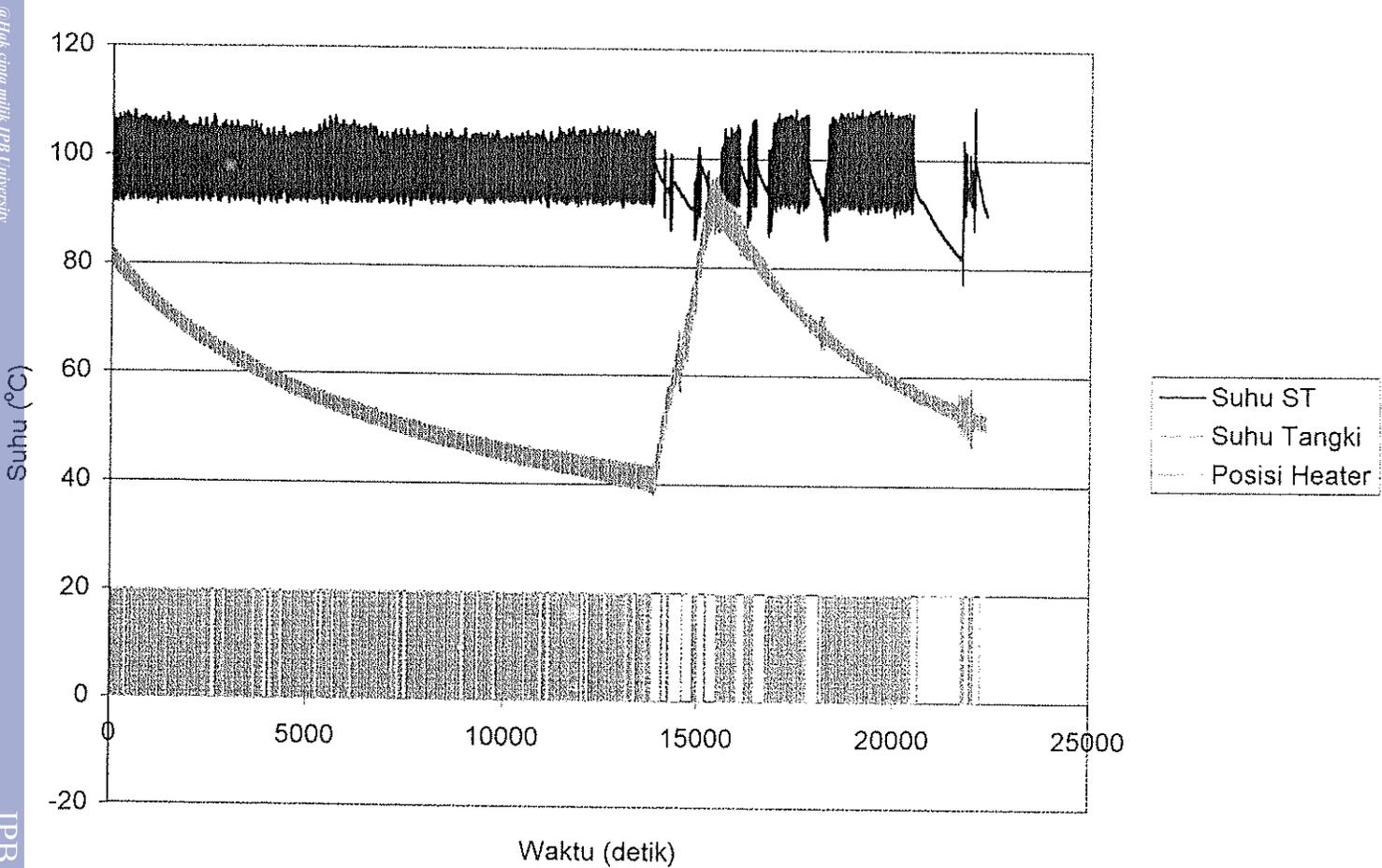
Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan
 Pada Perbandingan 70:30, Suhu 90°C Ulangan II



Pengontrolan Suhu Tangki Pencampuran
 Pada Perbandingan 70:30, Suhu 95°C Ulangan I



Pengontrolan Suhu Tangki Penampungan
 Pada Perbandingan 70:30, Suhu 95°C Ulangan II



@Hak cipta milik IPB University

(C) nqns

IPB University

Lampiran 8a. Data Pencampuran Perbandingan 40:60, Suhu 85°C, Ulangan I

Waktu (detik)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Air (°C)	AI1 (V)	AO2 (V)	Pr1 Z(Qa+Kaawal)	Debit Minyak (ml)	Debit Air (ml)	Pr4 AO	Posisi Heater Minyak	Posisi Heater Air
0	86,974	88,747	0,010	0,643	94,939	0,000	0,000	0,643	0	0
1	84,14	85,108	0,012	0,643	94,939	0,000	0,000	0,643	5	0
2	83,011	93,515	0,010	0,643	94,939	0,000	0,000	0,643	5	0
3	85,268	92,596	0,012	0,643	94,939	0,000	0,000	0,643	0	0
4	86,855	86,83	0,011	0,643	94,939	0,000	0,000	0,643	0	0
5	84,93	85,242	0,013	0,643	94,939	0,000	0,000	0,643	0	0
6	84,604	88,955	1,654	2,252	94,939	256,723	243,729	2,252	5	0
7	86,608	93,735	1,684	2,281	94,939	261,425	248,193	2,281	5	0
8	86,735	84,973	1,657	2,148	88,650	257,292	228,090	2,148	0	0
9	85,353	87,532	1,667	1,710	62,449	258,807	161,622	1,710	0	5
10	83,549	92,926	1,653	1,556	53,899	256,628	138,320	1,556	0	0
11	84,874	92,731	1,639	1,419	46,204	254,473	117,577	1,419	5	0
12	86,358	86,674	1,633	1,416	46,204	253,443	117,101	1,416	5	0
13	86,621	91,92	1,593	1,397	46,204	247,343	114,283	1,397	0	0
14	85,003	93,478	1,666	1,432	46,204	258,642	119,503	1,432	0	0
15	82,786	88,225	1,747	1,470	46,204	271,219	125,314	1,470	0	0
16	86,701	84,924	1,608	1,404	46,204	249,676	115,361	1,404	5	0
17	85,833	87,027	1,567	1,385	46,204	243,293	112,411	1,385	0	5
18	82,826	92,349	1,579	1,390	46,204	245,081	113,237	1,390	0	0
19	83,866	86,885	1,566	1,384	46,204	243,044	112,296	1,384	5	0
20	86,79	85,024	1,555	1,379	46,204	241,374	111,525	1,379	0	0
21	84,748	87,58	1,180	1,201	46,204	183,094	84,597	1,201	0	0
22	85,792	91,912	1,195	1,209	46,204	185,510	85,713	1,209	5	0
23	86,037	94,052	1,180	1,202	46,204	183,248	84,668	1,202	0	0
24	82,703	84,885	1,181	1,202	46,204	183,260	84,674	1,202	5	0
25	84,103	86,246	1,178	1,200	46,204	182,822	84,471	1,200	5	5
26	86,723	85,457	1,256	1,237	46,204	194,949	90,074	1,237	5	0
27	83,016	82,64	1,248	1,234	46,204	193,753	89,522	1,234	0	0
									5	5

Waktu (detik)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Air (°C)	AI1 (V)	AO2 (V)	Pr1 Z(Qa+Kaawal)	Debit Minyak (ml)	Debit Air (ml)	Pr4 AO	Posisi Heater Minyak	Posisi Heater Air
28	85,218	86,686	1,255	1,237	46,204	194,784	89,998	1,237	0	0
29	86,566	84,953	1,223	1,222	46,204	189,857	87,721	1,222	0	5
30	84,114	86,61	0,856	1,048	46,204	132,832	61,374	1,048	5	0
31	82,505	88,583	0,836	1,039	46,204	129,729	59,940	1,039	5	0
32	83,933	92,417	0,859	1,050	46,204	133,377	61,626	1,050	5	0
33	85,006	89,388	1,531	1,368	46,204	237,632	109,796	1,368	0	0
34	82,583	86,173	1,619	1,409	46,204	251,323	116,121	1,409	5	0
35	82,979	85,023	1,435	1,322	46,204	222,721	102,906	1,322	5	0
36	84,889	85,876	1,387	1,300	46,204	215,355	99,503	1,300	5	0
37	86,598	94,302	1,325	1,270	46,204	205,727	95,054	1,270	0	0
38	82,636	93,235	1,648	1,423	46,204	255,894	118,233	1,423	5	0
39	84,552	90,924	1,576	1,389	46,204	244,631	113,029	1,389	5	0
40	86,737	87,298	1,370	1,291	46,204	212,619	98,239	1,291	0	0
41	84,755	85,134	1,217	1,219	46,204	188,886	87,273	1,219	5	0
42	82,484	85,355	1,303	1,259	46,204	202,197	93,423	1,259	5	0
43	86,51	94,174	0,959	1,097	46,204	148,809	68,756	1,097	0	0
44	83,498	93,848	0,972	1,103	46,204	150,822	69,686	1,103	5	0
45	82,75	91,504	1,357	1,285	46,204	210,630	97,319	1,285	5	0
46	85,11	88,194	0,089	0,643	46,204	0,000	0,000	0,643	0	0
47	86,239	85,279	0,013	0,643	46,204	0,000	0,000	0,643	0	0

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

2. Penggunaan karya tulis ini untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

3. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Waktu (detik)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Air (°C)	AI1 (V)	AO2 (V)	Pr1 Z(Qa+Kaawal)	Debit Minyak (ml)	Debit Air (ml)	Pr4 AO	Posisi Heater Minyak	Posisi Heater Air
27	87,007	85,139	1,177	1,2	46,204	182,751	84,438	46,204	0	0
28	85,484	84,709	1,223	1,222	46,204	189,857	87,721	46,204	0	5
29	88,115	85,045	1,149	1,187	46,204	178,286	82,375	46,204	0	0
30	85,868	85,1	1,116	1,171	46,204	173,229	80,039	46,204	0	0
31	86,503	84,846	0,765	1,005	46,204	118,751	54,868	46,204	0	5
32	86,158	84,92	0,779	1,012	46,204	120,954	55,885	46,204	0	5
33	88,115	88,503	1,068	1,149	46,204	165,804	76,608	46,204	0	0
34	84,761	88,478	1,227	1,224	46,204	190,473	88,006	46,204	5	0
35	86,606	88,141	1,215	1,218	46,204	188,566	87,125	46,204	0	0
36	85,956	87,858	1,226	1,223	46,204	190,319	87,935	46,204	0	0
37	86,688	84,959	1,254	1,236	46,204	194,594	89,91	46,204	0	5
38	84,846	84,509	1,275	1,246	46,204	197,922	91,448	46,204	5	5
39	88,587	84,992	1,496	1,351	46,204	232,255	107,311	46,204	0	5
40	87,03	84,911	1,507	1,356	46,204	233,937	108,088	46,204	0	5
41	87,187	84,917	1,103	1,165	46,204	171,204	79,103	46,204	0	5
42	88,21	87,159	1,516	1,361	46,204	235,358	108,745	46,204	0	0
43	85,361	87,234	1,185	1,204	46,204	183,935	84,985	46,204	0	0
44	88,375	87,183	1,05	1,14	46,204	162,961	75,295	46,204	0	0
45	87,657	86,997	1,206	1,214	46,204	187,192	86,49	46,204	0	0
46	86,592	86,774	1,693	1,444	46,204	262,775	121,413	46,204	0	0
47	85,533	86,125	0,754	1	46,204	117,022	54,069	46,204	0	0
48	85,149	88,571	0,014	0,643	46,204	0	0	46,204	0	0

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 a. Penutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

Lampiran 8c. Data Pencampuran Perbandingan 30:70, Suhu 85°C, Ulangan I

Waktu (detik)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Air (°C)	AI1 (V)	AO2 (V)	Pr1 Z(Qa+Kaawal)	Debit Minyak (ml)	Debit Air (ml)	Pr4 AO	Posisi Heater Minyak	Posisi Heater Air
0	85,036	86,171	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
1	86,611	85,587	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
2	84,718	85,188	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	5	0
3	86,644	85,204	0,015	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
4	86,937	85,049	0,015	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
5	84,934	86,137	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	5	0
6	86,329	84,961	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	5
7	85,105	85,569	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
8	85,894	86,061	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
9	87,226	86,057	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
10	85,254	85,091	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
11	85,973	85,243	1,563	2,163	94,939	242,559	230,282	94,939	0	0
12	85,253	86,092	1,58	2,179	94,939	245,223	232,812	94,939	0	0
13	85,767	85,757	1,648	2,246	94,939	255,823	242,875	94,939	0	0
14	87,272	85,438	1,652	2,25	94,939	256,415	243,437	94,939	0	0
15	85,745	86,055	1,681	2,278	94,939	261,01	247,8	94,939	0	0
16	85,079	85,678	1,678	2,275	94,939	260,465	247,282	94,939	0	0
17	86,613	84,872	1,675	2,272	94,939	260,063	246,9	94,939	0	5
18	85,068	85,364	1,674	2,271	94,939	259,779	246,63	94,939	0	0
19	85,749	86,02	1,665	2,262	94,939	258,381	245,304	94,939	0	0
20	87,118	85,008	1,72	2,316	94,939	267,062	253,545	94,939	0	0
21	86,721	85,869	1,051	1,665	94,939	163,115	154,859	94,939	0	0
22	85,304	86,118	1,007	1,622	94,939	156,305	148,394	94,939	0	0
23	87,077	85,269	1,03	1,645	94,939	159,87	151,779	94,939	0	0
24	86,977	84,907	1,087	1,701	94,939	168,8	160,256	94,939	0	5
25	85,84	85,806	1,299	1,906	94,939	201,582	191,379	94,939	0	0
26	84,857	84,897	1,235	1,844	94,939	191,681	181,979	94,939	5	5

Waktu (detik)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Air (°C)	AI1 (V)	AO2 (V)	Pr1 Z(Qa+Kaawal)	Debit Minyak (ml)	Debit Air (ml)	Pr4 AO	Posisi Heater Minyak	Posisi Heater Air
27	85,61	85,438	1,215	1,825	94,939	188,673	179,123	94,939	0	0
28	86,351	86,164	1,215	1,825	94,939	188,613	179,067	94,939	0	0
29	84,892	85,424	1,168	1,779	94,939	181,342	172,163	94,939	5	0
30	86,416	85,71	1,156	1,768	94,939	179,494	170,409	94,939	0	0
31	86,5	85,015	1,147	1,758	94,939	178,037	169,026	94,939	0	0
32	85,225	86,193	0,96	1,577	94,939	149,046	141,502	94,939	0	0
33	87,195	86,881	0,924	1,542	94,939	143,491	136,229	94,939	0	0
34	86,235	85,331	0,809	1,43	94,939	125,596	119,239	94,939	0	0
35	86,422	86,913	0,783	1,405	94,939	121,57	115,416	94,939	0	0
36	85,425	86,485	0,762	1,384	94,939	118,218	112,235	94,939	0	0
37	87,23	85,062	0,611	1,237	94,939	94,804	90,006	94,939	0	0
38	84,935	85,228	0,567	1,194	94,939	87,971	83,518	94,939	5	0
39	86,62	86,474	0,626	1,251	94,939	97,113	92,198	94,939	0	0
40	84,981	85,068	0,602	1,229	94,939	93,466	88,735	94,939	5	0
41	86,732	85,235	0,637	1,263	94,939	98,89	93,885	94,939	0	0
42	86,485	86,42	0,948	1,565	94,939	147,127	139,68	94,939	0	0
43	84,391	86,819	0,911	1,529	94,939	141,49	134,328	94,939	5	0
44	87,649	85,586	1,551	2,151	94,939	240,759	228,573	94,939	0	0
45	93,081	86,36	1,535	2,136	94,939	238,271	226,212	94,939	0	0
46	94,32	86,685	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
47	93,866	85,451	0,015	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
48	91,412	84,971	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	0	5
49	87,739	85,706	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
50	86,431	86,886	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.
 2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
 3. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.
 4. Penyebaran hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 5. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 8d. Data Pencampuran Perbandingan 30:70, Suhu 85°C, Ulangan II

Waktu (detik)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Air (°C)	AI1 (V)	AO2 (V)	Pr1 Z(Qa+Kaawal)	Debit Minyak (ml)	Debit Air (ml)	Pr4 AO	Posisi Heater Minyak	Posisi Heater Air
0	85,239	85,42	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
1	84,724	85,029	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	5	0
2	92,292	88,825	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
3	91,28	84,781	0,013	0,643	94,939	0	0	94,939	0	5
4	90,504	95,898	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
5	99,674	95,387	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
6	99,125	96,207	0,018	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
7	94,517	87,95	0,019	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
8	84,722	86,798	0,018	0,643	94,939	0	0	94,939	5	0
9	96,627	85,554	0,017	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
10	87,266	84,141	0,014	0,643	94,939	0	0	94,939	0	5
11	84,811	99,666	1,593	2,193	94,939	247,343	234,824	94,939	5	0
12	88,02	97,767	1,63	2,229	94,939	253,075	240,266	94,939	0	0
13	87,003	91,108	1,581	2,181	94,939	245,437	233,014	94,939	0	0
14	84,89	91,869	1,574	2,174	94,939	244,406	232,036	94,939	5	0
15	93,576	91,726	1,559	2,16	94,939	242,061	229,81	94,939	0	0
16	84,842	92,276	1,652	2,25	94,939	256,498	243,516	94,939	5	0
17	96,13	92,12	1,678	2,275	94,939	260,477	247,294	94,939	0	0
18	98,726	97,712	1,694	2,29	94,939	262,893	249,587	94,939	0	0
19	99,672	96,874	1,737	2,333	94,939	269,656	256,008	94,939	0	0
20	99,45	95,059	1,764	2,359	94,939	273,801	259,943	94,939	0	0
21	98,335	96,59	0,702	1,326	94,939	108,98	103,464	94,939	0	0
22	97,432	94,735	0,76	1,382	94,939	117,898	111,931	94,939	0	0
23	84,728	84,408	0,736	1,359	94,939	114,322	108,535	94,939	5	5
24	85,693	97,43	0,733	1,356	94,939	113,8	108,041	94,939	0	0
25	84,803	85,393	0,703	1,327	94,939	109,122	103,599	94,939	5	0
26	85,263	90,467	0,752	1,374	94,939	116,666	110,762	94,939	0	0

Waktu (detik)	Suhu Minyak (°C)	Suhu Air (°C)	AI1 (V)	AO2 (V)	Pr1 Z(Qa+Kaawal)	Debit Minyak (ml)	Debit Air (ml)	Pr4 AO	Posisi Heater Minyak	Posisi Heater Air
27	86,834	99,703	0,753	1,376	94,939	116,963	111,043	94,939	0	0
28	99,531	91,118	0,756	1,378	94,939	117,353	111,414	94,939	0	0
29	98,792	84,349	0,756	1,387	94,939	118,798	112,785	94,939	0	5
30	96,642	98,987	1,061	1,675	94,939	164,726	156,388	94,939	0	0
31	91,507	97,12	1,118	1,73	94,939	173,513	164,731	94,939	0	0
32	88,076	90,573	1,289	1,897	94,939	200,16	190,03	94,939	0	0
33	85,047	85,433	1,242	1,851	94,939	192,747	182,991	94,939	0	0
34	94,507	84,928	1,216	1,826	94,939	188,744	179,191	94,939	0	5
35	98,596	99,296	1,172	1,783	94,939	182,005	172,793	94,939	0	0
36	85,789	96,859	1,153	1,764	94,939	178,997	169,937	94,939	0	0
37	87,65	86,983	1,327	1,934	94,939	206,058	195,629	94,939	0	0
38	92,963	84,69	1,355	1,961	94,939	210,334	199,688	94,939	0	5
39	84,418	90,899	1,354	1,96	94,939	210,191	199,553	94,939	5	0
40	89,793	89,958	1,346	1,952	94,939	208,936	198,361	94,939	0	0
41	98,433	84,969	1,349	1,955	94,939	209,445	198,845	94,939	0	5
42	96,61	94,507	1,625	2,223	94,939	252,199	239,434	94,939	0	0
43	86,901	98,596	1,362	1,968	94,939	211,447	200,745	94,939	0	0
44	91,363	85,789	1,158	1,77	94,939	179,802	170,702	94,939	0	0
45	85,672	87,65	1,175	1,785	94,939	182,348	173,119	94,939	0	0
46	93,047	92,963	0,011	0,643	94,939	0	0	94,939	0	0
47	98,773	84,418	0,015	0,643	94,939	0	0	94,939	0	5

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Penyebaran hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

Lampiran 9. Hasil Pengujian Kadar Minyak-Air-NOS Hasil Proses Pencampuran

Perbandingan 30:70

	I		II	
	A	B	A	B
Berat Cawan	37,5977	37,3610	39,3581	34,0541
Berat Awal	47,7436	47,5863	49,5519	44,2890
Berat Sample	10,1459	10,2253	10,1938	10,2349
I	40,5946	40,8793	43,2443	37,9564
II	40,1361	40,4819	42,0571	37,1503
Berat Air	7,3783	6,9057	6,9012	6,7357
Kadar Air	72,7215	67,5354	67,7000	65,8106
Rata-Rata		70,1285		66,7553
			68,4419	
Berat K. Saring	0,9789	1,0324	1,0055	1,0020
I	1,0858	1,1441	1,2828	1,2360
Berat Kotoran	0,1069	0,1117	0,2773	0,2340
Kadar Kotoran	1,0536	1,0924	2,7203	2,2863
		1,0730		2,5033
			1,7881	
Berat Minyak	2,6608	3,2079	3,0153	3,2653
Kadar Minyak	26,2249	31,3722	29,5797	31,9031
		28,7985		30,7414
			29,7700	

Perbandingan 40:60

	I		II	
	A	B	A	B
Berat Cawan	42,7726	42,7470	36,6914	39,7290
Berat Awal	52,9025	52,8151	46,8124	49,9694
Berat Sample	10,1299	10,0681	10,1210	10,2404
I	47,3297	46,9696	41,1964	44,5795
II	47,1803	46,9690	40,7733	44,2875
Berat Air	5,6475	5,8458	5,8276	5,5359
Kadar Air	55,7508	58,0626	57,5788	54,0594
Rata-Rata		56,9067		55,8191
			56,3629	
Berat K. Saring	0,9638	1,0240	1,0042	0,9936
I	1,1321	1,1774	1,2740	1,2558
Berat Kotoran	0,1683	0,1534	0,2698	0,2622
Kadar Kotoran	1,6614	1,5236	2,6657	2,5604
		1,5925		2,6131
			2,1028	
Berat Minyak	4,3141	4,0689	4,0236	4,4423
Kadar Minyak	42,5878	40,4138	39,7555	43,3801
		41,5008		41,5678
			41,5343	

Lampiran 10. Daftar Karakteristik Program Pencampuran : Campur.gni

Tag : ET1

Description : ET1

Timer Type : Elapsed Time

Resolution : Second

Cycle : None

Tag : TMP1

Description : TMP1

Device : 003. PCL-816 with Exp. I/O=200 H Slot 0

Channel : 0 (PCLD-789/889)

Exp. Channel : 14

Temperature Scale : °C

Thermocouple Type : K

Update Rate : 1

Tag : ONF1

Description : ONF1

Delta High : 0

Delta Low : 0

Setpoint : 85

Over High Limit=0 Under Low Limit=1 : True

Control Input From : TMP1:TMP1

Tag : DO1

Description : DO1

Device : 001. PCL-816 I/O=200 H Slot 0

Group (Byte) : 1

Initial Value : 10

Bit(s) : 15

Update Rate : 1

Tag : TMP2

Description : TMP2

Device : 003. PCL-816 with Exp. I/O=200 H Slot 0

Channel : 0 (PCLD-789/889)

Exp. Channel : 12

Temperature Scale : °C

Thermocouple Type : K

Update Rate : 1

Tag : ONF2

Lampiran 10. (Lanjutan)

Description : ONF2

Delta High : 0

Delta Low : 0

Setpoint : 85

Over High Limit=0 Under Low Limit=1 : True

Control Input From : TMP2:TMP2

Tag : DO2

Description : DO2

Device : 001. PCL-816 I/O=200 H Slot 0

Group (Byte) : 1

Initial Value : 10

Bit(s) : 14

Update Rate : 1

Tag : AI1

Description : AI1

Device : 003. PCL-816 with I/O=200 H Slot 0

Channel : 1

Input Range : 0-5 V

Update Rate : 1

Tag : AO1

Description : AO1

Device : 002. PCL-816-DA-1 I/O=200 H Slot 1

Channel : 1

Update Rate : 1

Tag : AO2

Description : AO2

Device : 002. PCL-816-DA-1 I/O=200 H Slot 1

Channel : 2

Update Rate : 1

Tag : PRG1

Description : PRG1

Input Blocks : NCTL2

NCTL3

Program : Z = (((NCTL3*100)/NCTL2)-100)

if (Z)

output (#0,Z);

Lampiran 10. (Lanjutan)

```

else
{
    output (#0,0);
}

```

Tag : PRG2

Description : PRG2

Input Blocks : AI1:AI1

Program : a = (AI1);

```

if (a<0.1)
{
    a=0;
}
Q1 = (155.23*a);
if (Q1)
{
    output (#1,Q1);
}
else
{
    output (#1,0);
}

```

Tag : PRG3

Description : PRG3

Input Blocks : PRG1:PRG1:(OUTPUT 0)

PRG2:PRG2:(OUTPUT 1)

Program : Q2 = ((Q1*Z)/100);

```

if (Q2)
{
    output (#2,Q2);
}
else
{
    output (#2,Q2);
}

```

Tag : PRG4

Description : PRG4

Input Blocks : PRG3:PRG3:(OUTPUT 3)

Program : AO = ((0.0066*Q2)+0.2429)



Lampiran 10. (Lanjutan)

```

if (AO)
{
    output (#3,AO);
}
else
{
    output (#3,0);
}

```

Tag : Log1

Description : Log1

File Name : C:\Lloyd\Skripsi\pnc731##.log

Storage Type : ASCII

Update Method : Append

Delimiter : Space

Col. No Input

1.	ET1:ET1
2.	TMP1:TMP1
3.	TMP2:TMP2
4.	A11:A11
5.	AO2:AO2
6.	PRG1:PRG1:(Output 0)
7.	PRG2:PRG2:(Output 1)
8.	PRG3:PRG3:(Output 2)
9.	PRG4:PRG4:(Output 3)
10.	AO1:AO1

Opening at the Beginning of Run : True

Close After Every : 5 minutes

Text : Tegangan Standart

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Kadar Minyak yang Diinginkan

Background Color : Dk Cyan



Lampiran 10. (Lanjutan)

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Kadar Minyak Awal

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Suhu Minyak

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 22

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Suhu Air

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 22

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Debit Minyak

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Debit Air

Background Color : Dk Cyan

Lampiran 10. (Lanjutan)

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Waktu

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Check AI

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Symbol

Text : Check AO

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Symbol

Tag : NCTL1

Data Type : Floating Point (real)

Privilage Level : 0

Initial Value (Precision) : 5.0

Step Value : 0.1

High Limit : 5.0

Low Limit : 0.0

Beep When Pressed : True

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Lampiran 10. (Lanjutan)

Font Style : Bold

Size : 36

Color : Aqua

Script : Symbol

Tag : NCTL2

Data Type : Floating Point (real)

Privilage Level : 0

Initial Value (Precision) : 30.0

Step Value : 1.0

High Limit : 100.0

Low Limit : 0.0

Beep When Pressed : True

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 24

Color : Aqua

Script : Symbol

Tag : NCTL3

Data Type : Floating Point (real)

Privilage Level : 0

Initial Value (Precision) : 58.4816

Step Value : 0.0001

High Limit : 100.0000

Low Limit : 0.0000

Beep When Pressed : True

Background Color : Dk Cyan

Font : Times New Roman Special G1

Font Style : Bold

Size : 36

Color : Aqua

Script : Symbol

Tag : Menub1

Label : Berhenti

Function : Action

Action : Stop

Normal Label Color : Black

Lampiran 10. (Lanjutan)

Repressed Label Color : Dk Blue
 Keyboard Shortcut : Null
 Privilage Level : 0
 Font : Times New Roman Special G1
 Font Style : Bold
 Size : 36
 Script : Symbol
 Tag : Menub2
 Label : Keluar
 Function : Action
 Action : Close
 Normal Label Color : Black
 Repressed Label Color : Dk Blue
 Keyboard Shortcut : Null
 Privilage Level : 0
 Font : Times New Roman Special G1
 Font Style : Bold
 Size : 36
 Script : Symbol
 Input From : DO1:DO1
 Style : Round or Ellipse
 Color for ON(1) State : Red
 Color for OFF(0) State : Black
 Input From : DO2:DO2
 Style : Round or Ellipse
 Color for ON(1) State : Red
 Color for OFF(0) State : Black
 Input From : TMP1:TMP1
 Data Type : Floating Point (real)
 Display Format (Precision) : 0.0
 Justification : Right
 Update Rate : 1
 Foreground Color : Black
 Background Color : Lt Gray
 Auto Font Sizing : True
 Font : System



Lampiran 10. (Lanjutan)

Font Style : Bold

Size : 42

Script : Western

Input From : TMP2:TMP2

Data Type : Floating Point (real)

Display Format (Precision) : 0.0

Justification : Right

Update Rate : 1

Foreground Color : Black

Background Color : Lt Gray

Auto Font Sizing : True

Font : System

Font Style : Bold

Size : 42

Script : Western

Input From : ET1:ET1

Data Type : Floating Point (real)

Display Format (Precision) : 0.0

Justification : Right

Update Rate : 1

Foreground Color : Black

Background Color : Lt Gray

Auto Font Sizing : True

Font : System

Font Style : Bold

Size : 42

Script : Western

Input From : PRG2:PRG2

Data Type : Floating Point (real)

Display Format (Precision) : 0.0

Justification : Right

Update Rate : 1

Foreground Color : Black

Background Color : Lt Gray

Auto Font Sizing : True

Font : System

Font Style : Bold

Lampiran 10. (Lanjutan)

Size : 42
 Script : Western
 Input From : PRG3:PRG3
 Data Type : Floating Point (real)
 Display Format (Precision) : 0.0
 Justification : Right
 Update Rate : 1
 Foreground Color : Black
 Background Color : Lt Gray
 Auto Font Sizing : True
 Font : System
 Font Style : Bold
 Size : 42
 Script : Western
 Input From : AO2:AO2
 Data Type : Floating Point (real)
 Display Format (Precision) : 0.0
 Justification : Right
 Update Rate : 1
 Foreground Color : Black
 Background Color : Lt Gray
 Auto Font Sizing : True
 Font : System
 Font Style : Bold
 Size : 48
 Script : Western



Lampiran 11. Daftar Karakteristik Program Pengontrolan Suhu : Suhu.gni

Tag : TMP1

Description : TMP1

Device : 003. PCL-816 with Exp. I/O=200 H Slot 0

Channel : 0 (PCLD-789/889)

Exp. Channel : 12

Temperature Scale : °C

Thermocouple Type : K

Update Rate : 1

Tag : TMP2

Description : TMP2

Device : 003. PCL-816 with Exp. I/O=200 H Slot 0

Channel : 0 (PCLD-789/889)

Exp. Channel : 14

Temperature Scale : °C

Thermocouple Type : K

Update Rate : 1

Tag : ET1

Description : ET1

Timer Type : Elapsed Time

Resolution : Second

Cycle : None

Tag : DO1

Description : DO1

Device : 001. PCL-816 I/O=200 H Slot 0

Group (Byte) : 1

Initial Value : 0

Bit(s) : 8

Update Rate : 1

Tag : ONF1

Description : ONF1

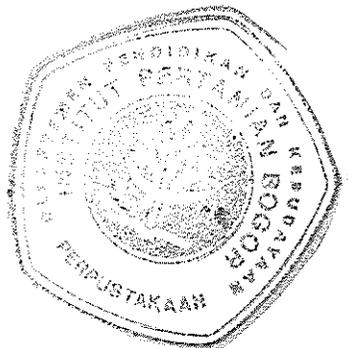
Delta High : 0

Delta Low : 0

Setpoint : 90

Over High Limit=0 Under Low Limit=1 : True

Control Input From : TMP1:TMP1



Lampiran 11. (Lanjutan)

Input From : DO1:DO1

Style : Round or Ellipse

Color for ON(1) State : Red

Color for OFF(0) State : Black

Tag : Menub1

Label : Berhenti

Function : Action

Action Stop

Normal Label Color : Dk Cyan

Repressed Label Color : Red

Keyboard Shortcut : Null

Privilage Level : 0

Font : Cooperplate Gothic Light

Font Style : Bold

Size : 20

Script : Symbol

Tag : Menub2

Label : Keluar

Function : Action

Action : Close

Normal Label Color : Dk Cyan

Repressed Label Color : Red

Keyboard Shortcut : Null

Privilage Level : 0

Font : Cooperplate Gothic Light

Font Style : Bold

Size : 20

Script : Symbol

Text : Waktu

Background Color : Dk Red

Font : Times New Roman Special G1

Auto Font Sizing : True

Font Style : Regular

Size : 28

Color : Aqua

Script : Symbol

Lampiran 11. (Lanjutan)

Text : Suhu Settling Tank (°C)

Background Color : Dk Red

Font : Copperplate Gothic Light

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Western

Text : Suhu Tangki Pencampuran (°C)

Background Color : Dk Red

Font : Copperplate Gothic Light

Font Style : Bold

Size : 16

Color : Aqua

Script : Western

Input From : ET1:ET1

Data Type : Floating Point (real)

Display Format (Precision) : 0

Justification : Right

Update Rate : 1

Foreground Color : Black

Background Color : Lt Gray

Auto Font Sizing : True

Font : System

Font Style : Bold

Size : 42

Script : Western

Input From : TMP1:TMP1

Data Type : Floating Point (real)

Display Format (Precision) : 0.0

Justification : Right

Update Rate : 1

Foreground Color : Black

Background Color : Lt Gray

Auto Font Sizing : True

Font : System

Font Style : Bold

Lampiran 11. (Lanjutan)

Size : 48
 Script : Western
 Input From : TMP2:TMP2
 Data Type : Floating Point (real)
 Display Format (Precision) : 0.0
 Justification : Right
 Update Rate : 1
 Foreground Color : Black
 Background Color : Lt Gray
 Auto Font Sizing : True
 Font : System
 Font Style : Bold
 Size : 48
 Script : Western
 Tag : Log1
 Description : Log1
 File Name : C:\Lloyd\Skrripsi\73902###.log
 Storage Type : ASCII
 Update Method : Append
 Delimiter : Space

Col. No	Input
1.	ET1:ET1
2.	TMP1:TMP1
3.	TMP2:TMP2
4.	DO1:DO1

 Opening at the Beginning of Run : True
 Close After Every : 10 minutes



Lampiran 12. Gambar Rangkaian Pengontrolan Pencampuran dan Suhu

Hak cipta milik IPB University
 @Hak cipta milik IPB University
 IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber ;

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University

