HUBUNGAN VARIETAS PADI (*Oryza sativa* L) DAN KOMPON ROL TERHADAP GAYA GESEK DAN PERILAKU RETAK

DISERTASI
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
Doktor (Dr.) Ilmu-Ilmu Pertanian
Pada Program Pascasarjana
Universitas Sriwijaya

Oleh:
Hendri Chandra
NIM. 20053301007

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
JULI 2011

Judul Penelitian	:	Hubungan Varietas padi (*Oryza sativa* L) dan Kompon Rol Terhadap Gaya Gesek dan Perilaku Retak
Nama Mahasiwa	:	Hendri Chandra
NIM	:	20053301007
Program Studi	:	Ilmu-Ilmu Pertanian
Bidang Kajian Utama	:	Agroindustri

Menyetujui
Komisi Pembimbing

Prof. Dr.Ir. Amin Rejo, M.P.
Promotor

Dr.Ir. Riman Sipahutar, M.Sc.
Co - Promotor II

Dr.Ir. Hersyamsi, M.Agr.
Co - Promotor I

Ketua Program Doktor
Ilmu-Ilmu Pertanian

Prof.Dr.Ir.H.AndyMulyana,M.Sc.
NIP 19601202 198603 1 003

Direktur Program Pasca Sarjana
Universitas Sriwijaya

KEMENTERIAN PENDIDIKAN NASIONAL UNIVERSITAS SRIWIJAYA PROGRAM PASCA SARJANA

Prof.Dr.dr.H.M.T.Kamaluddin,M.Sc.,Sp.Fk.
NIP 19520930 198201 1 001

Tanggal Lulus : 19 Juli 2011

BUKTI TELAH MEMPERBAIKI DISERTASI HASIL UJIAN TERTUTUP
MAHASISWA PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PERTANIAN
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS SRIWIJAYA

Yang bertanda tangan di bawah ini

No	Nama Dosen Penguji	Jabatan Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Prof.Dr.Ir.Amin Rejo,M.P	Promotor	1.	19/07-2011
2.	Dr.Ir.Hersyamsi,M.Agr	Co-promotor I	2.	4/7
3.	Dr.Ir. Riman Sipahutar,M.Sc	Co-promotor II	3.	5/7-2011
4..	Prof.Dr.Ir.Rindit Pambayun,M.P	Penguji	4.	5/7-2011
5.	Prof.Ir.Filli Pratama, M.Sc (Hons),Ph.D	Penguji	5.	4/7-11
6.	Dr.Ir. Gatot Priyanto,M.S	Penguji	6.	5/7 "
7.	Prof.Dr.Ir.Kaprawi Sahim,DEA	Penguji	7.	4-7-11

Menerangkan bahwa :

Nama Mahasiswa : Hendri Chandra
NIM : 20053301007
Program Studi : Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian
Bidang Kajian Utama : Agroindustri
Judul Disertasi : Hubungan Varietas Padi (*Oryza sativa* L) Dan Kompon Rol Terhadap Gaya Gesek Dan Perilaku Rretak

Benar telah memperbaiki hasil ujian

Palembang, Juli 2011
Mengetahuii,
Ketua Program Studi
S3 Ilmu-Ilmu Pertanian

Prof.Dr.Ir. Andy Mulyana, M.Sc
NIP. 19601202 198603 1 003

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Hendri Chandra
Tempat, Tanggal Lahir	: Palembang, 07 April 1960
Program Studi	: Ilmu-Ilmu Pertanian
NIM	: 20053301007

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Seluruh data, informasi, interpretasi serta pernyataan dalam pembahasan dan kesimpulan yang disajikan dalam karya ilmiah ini, kecuali yang disebutkan sumbernya adalah merupakan hasil pengamatan, penelitian, pengelolaan, serta pemikiran saya dengan pengarahan dari para pembimbing yang ditetapkan.

2. Karya ilmiah yang saya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Sriwijaya maupun di perguruan tinggi lainnya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dan apabila dikemudian hari ditemukan adanya bukti ketidak benaran dalam pernyataan tersebut diatas, maka saya bersedia menerima sangsi akademis berupa pembatalan gelar yang saya peroleh melalui pengajuan karya ilmiah ini.

Palembang, 19 Juli 2011
Yang membuat pernyataan,

Hendri Chandra
NIM. 20053301007

بِسۡمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحۡمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

Turutlah Ilmu Padi Semakin Berisi Semakin Merunduk

Dan seandainya pohon-pohon di bumi menjadi pena dan laut menjadi tinta, ditambahkan kepadanya tujuh laut lagi sesudah keringnya, niscaya tidak akan habis-habisnya dituliskan kalimat Allah. Sesungguhnya Allah Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana. (Luqman (27))

Kupersembahkan untuk :

- Istriku tercinta Dr.Ir. Diah Kusuma Pratiwi,M.T dan anak-anak ku tersayang Amy, Ama, Ayi dan Aca
- Saudara-saudaraku tercinta
- Almamater

RINGKASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari hubungan varietas padi (*Oryza sativa* L) dan kompon rol terhadap gaya gesek dan perilaku retak pada proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit. Salah satu parameter yang mempengaruhi proses penggilingan adalah hubungan gesekan antara padi dan kompon rol terhadap gaya gesek dan perilaku retak.

Metode yang digunakan di dalam mempelajari hubungan ini adalah mulai survei lapangan hingga melakukan pengujian dengan suatu model gesekan yang kemudian dilanjutkan dengan pendekatan eksperimental serta rancang bangun alat uji koefisien gesek. Data sifat fisik padi dan kimia kompon rol dianalisis untuk mendapatkan hubungan gaya gesek antara kompon rol untuk tiga jenis varietas padi yaitu varietas Cisadane, Ciherang dan IR 42. Koefisien gesek diperoleh dengan melakukan percobaan dari alat uji yang dirancang bangun. Analisis fisik dan kimiawi dilakukan dengan bantuan *scanning electron microscope* dan pemeriksaan mikroskopis dilakukan untuk mengetahui karakteristik retak gabah.

Hasil menunjukkan bahwa adanya hubungan yang signifikan antara sifat fisik dan kimia kompon rol dan varietas padi di dalam hubungan gaya gesek antara varietas padi dan kompon rol. Gaya gesek dipengaruhi oleh gaya tekan yang diberikan oleh kompon rol kepada permukaan padi serta koefisien gesek. Sedangkan gaya tekan yang diberikan dipengaruhi oleh sifat fisik dan komposisi kompon rol serta sifat kimiawi padi. Semakin keras kompon rol maka gaya tekan yang diberikan semakin besar, sehingga mempengaruhi rendemen beras giling. Untuk kompon rol dengan kekerasan yang distandarkan oleh SNI terlalu keras untuk varietas pasang surut. Chen *et al*., (1998), mengemukan bahwa ketebalan lapisan aleuron yang mengandung lemak dan protein yang tinggi secara kualitatif mempengaruhi ketahanan retak dari gabah selama proses penggilingan. Gabah varitas Cisadane memiliki ketangguhan retak yang cukup baik terhadap beban yang diberikan oleh kompon rol diikuti oleh varietas Ciherang dan IR 42. Pola dan perilaku retak untuk varietas yang kadar lemak dan proteinnya rendah lebih menunjukkan pola retak yang dominan dan terlihat lebih rapuh daripada yang kadar lemak dan proteinnya tinggi. Faktor lain yang mempengaruhi adalah luas permukaan kontak antara kulit/sekam dengan permukaan butir. Luas permukaan kontak varietas ciherang lebih luas dari kedua varitas Cisadane dan IR 42, dikarenakan panjang varietas Ciherang 9,68 mm, sedangkan varietas Cisadane 7,45 mm dan 8,63 mm untuk IR 42. Pada antar permukaan antara kulit dan butir terdapat asam lemak yang juga mempengaruhi proses pengupasan. Untuk varietas yang memiliki kadar lemak yang tinggi seperti Ciherang dan Cisadane dibandingkan dengan IR 42 daya kupasnya akan lebih baik dikarenakan lemak mempengaruhi proses gesekan kedua permukaan sehingga proses pengupasan terjadi. Luas permukaan kontak gabah dengan rol juga memberikan distribusi gaya normal yang

diberikan rol menjadi lebih besar dibandingkan dengan gabah dengan luas permukaan kontak yang kecil. Hertzian (2006), mengemukakan dengan teori kontak hertzian bahwa distribusi gaya normal yang ditimbulkan pada suatu proses gesekan dipengaruhi oleh luas permukaan kontak. Pernyataan ini mendukung hasil penelitian bahwa untuk gabah dengan luas yang lebih besar menimbulkan gaya gesek yang lebih besar.

Kata Kunci : Mesin Penggiling, kompon rol, koefisien gesek, gaya tekan, gaya gesek, perilaku retak.

SUMMARY

The purpose of this study was to study the relationship of rice varieties (Oryza sativa L.) and the compound of the friction rollers and the behavior of cracking in the milling process of rough rice into brown rice. One of the parameters that affect the milling process is the relationship between rice and compound friction roller against the friction and fracture behavior.

The methods used in studying this formulation is to begin field surveys to conduct tests with a friction model which is then followed by an experimental approach and design friction coefficient tester. The data of physical properties of rolls of rice and analyzed the chemical compound to obtain the relationship between the friction roller compound for three varieties of rice namely varieties Cisadane, Ciherang and IR 42. The coefficient of friction is obtained by performing the experiment of testing equipment designed. Physical and chemical analysis conducted using scanning electron microscope and microscopic examination is performed to determine the characteristics of cracked grain.

The results showed that a significant relationship between physical and chemical properties of compound rolls and rice varieties in the relationship of friction between rice varieties and compound rollers. Friction is influenced by the compressive force provided by the compound to the surface of the rice rolls and the coefficient of friction. While the compressive force provided influenced by the physical properties and composition of the compound and the chemical properties of rice rolls. The harder compound rollers then compressive force given the greater, thus affecting the yield brown rice recovery. To compound roller with a hardness standardized by the ISO is too hard for the varieties Cisadane, Ciherang, dan IR 42. Chen et al., (1998), promoted to the thickness of the aleurone layer containing high fat and protein are qualitatively affect the cracking resistance of the grain during the milling process. Cisadane grain varieties have a pretty good crack toughness of the load given by the compound roller followed by a variety Ciherang and IR 42. Patterns and behavior of cracks for a variety of low fat and more protein showed a dominant pattern of cracks and looks more fragile than the fat content and high proteiinnya. Another factor that affects the surface area of contact between the skin / husk with grain surfaces. The surface area of contact Ciherang wider variety of both varieties Cisadane and IR 42, due to the length of 9.68 mm Ciherang varieties, while varieties Cisadane 7.45 mm and 8.63 mm for the IR 42. In the inter-surface between the skin and the grains contained fatty acids that also affect the stripping process. Grain surface area in contact with the rollers also gives the distribution of a given normal force rollers become larger than the grain with a small surface area of contact. Hertzian (2006), argued with Hertzian contact theory that the distribution of normal force generated in a process of friction is affected by the surface area of contact. This statement supports the findings that for the grain with a larger area causing greater friction.

Keywords: Milling machines, roller compound, the coefficient of friction compressive force, friction, cracking behavior.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Dengan mengucapkan Alhamdulillahi Rabbil ’alamin ke khadirat Allah yang Maha pengasih dan penyayang karena atas rahmat dan perkenanNya jua disertasi ini dapat diselesaikan dengan segala kelebihan dan kekurangannya. Salawat dan salam tak lupa disampaikan kepada baginda Rasullullah S.A.W, kepada keluarganya, para sahabat dan para pengikutnya sampai di akhir zaman.

Penulis mengucapkan terimakasih yang mendalam kepada promotor Prof.Dr.Ir. Amin Rejo,M.P. dan co-promotor Dr.Ir. Hersyamsi,M.Agr. dan Dr.Ir Riman Sipahutar,M.Sc. yang telah mempromosikan penulis untuk mendapatkan gelar Doktor di bidang ilmu-ilmu pertanian, Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Rektor Universitas Sriwijaya Prof.Dr. Badia Perizade,MBA. yang telah membantu baik materil maupun spiritual sehingga penulis berhasil meraih gelar Doktor. Ucapan terimakasih juga kepada Direktur Program Pascasarjana Unsri Prof.Dr.dr.H.M.T.Kamaluddin,M.Sc.,Sp.Fk. dan Dekan Fakultas Teknik Unsri Prof.Dr.Ir. H.M. Taufik Toha,DEA. yang banyak membantu selama pendidikan program Doktor. Ucapan terimaksih juga ditujukan kepada Ketua Program Studi Doktor bidang ilmu-ilmu Pertanian Prof.Dr.Ir. H. Andy Mulyana,M.Sc. dan Ketua Jurusan Teknik Mesin Unsri Ir.Helmy Alian,M.T. yang juga banyak membantu selama mengikuti program Doktor. Ucapan terimaksih juga tak lupa ditujukan kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu baik langsung maupun tidak langsung. Penulis menyadari dengan sepenuh hati bahwa masih banyak kekurangan terhadap isi disertasi ini. Oleh karena penulis mengharapkan masukan yang konstruktif agar tulisan ini dapat dikembangkan dan disempurnakan lebih baik lagi dimasa yang akan datang. Mudah-mudahan tulisan ini bermanfaat terutama bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Akhirnya penulis mengucapkan mohon maaf atas kekhilapan baik langsung maupun tidak langsung, serta ketidaksempurnaan di dalam penulisan disertasi ini, dan kepada Allah penulis mohon ampun.

Wassalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Palembang, Juli, 2011

Promovendus,

Hendri Chandra

RIWAYAT HIDUP

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh, Promovendus dilahirkan di Palembang pada tanggal 7 April 1960 berkebangsaan Indonesia, agama Islam. Status perkawinan dengan empat orang anak. Promovendus menamatkan sekolah dasar di SD Negeri no I Kabupaten Lahat pada tahun 1973, SMP Santo Yosef Lahat pada tahun 1976, SMA Santo Yosef Lahat pada tahun 1980. Kemudian menempuh pendidikan Strata satu di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya dan wisuda pada Tahun 1988. Pada tahun 1990 melanjutkan program Starata II di Jurusan Mesin Fakultas Pascasarjana ITB Bandung dan yudisium pada Tahun 1993. Terhitung mulai tanggal 1 Maret 1990 mulai menjadi Staf pengajar tetap di Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya Palembang dan sampai sekarang berpangkat Pembina dengan jabatan Lektor Kepala. Promovendus memilki latar belakang dibidang material teknik. Sebagai koordinator bidang keahlian material dan pernah menjabat sebagai kepala laboratorium Metalurgi di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya. Penelitian dibidang retak dan patah dibidang material teknik baik di dunia industri, transportasi dan konstruksi telah banyak dilakukan hingga sekarang.

Pada Tahun 1994 Promovendus melaksanakan riset di Toyohashi *University of Technology Japan* di laboratorium Prof. Shigeo TAKEZONO. Kemudian dilanjutkan pada tahun 1998 dan 2000 dalam rangka riset bersama di *Tokyo University of Science Japan* di bidang mekanika retakan di Laboratorium Prof. Masanori KIKUCHI. Seminar dan pertemuan ilmiah baik nasional maupun internasinal telah banyak dilakukan,demikian juga publikasi ilmiah di jurnal-jurnal terakreditasi telah dilakukan. Pada tahun 2005 mencoba mensenergikan ilmu teknik dan ilmu pertanian dalam riset dan rancang bangun mesin-mesin pertanian, hal ini dikarenakan perkembangan riset dan rancang bangun mesin-mesin pertanian dirasakan masih terkesampingkan dalam dunia teknik dibandingkan dengan perkembangan riset dan rancang bangun di bidang teknik yang lain, mengingat Negara Indonesia yang merupakan Negara agraris yang perlu pengelolaan sumber daya alam pertanian secara baik. Dengan pertimbangan itulah Promovendus menempuh pendidikan program Doktor bidang ilmu-ilmu pertanian di Program Pascasarjana Unversitas Sriwijaya Palembang. Pada tahun 2010 mengikuti program *sandwich* di *Tokyo University of Science, Japan* selama empat bulan mulai 1 September hingga 27 Desember 2010 dalam rangka penyelesaian penelitian disertasi. Pada pertengahan tahun 2011 penulis diharapkan dapat menyelesaikan studinya dan meraih gelar Doktor di program Pascasarjana Universitas Sriwijaya.

Mudah-mudahan segala ilmu dan kegiatan ilmiah serta proses belajar mengajar dan pengabdian pada masyarakat di dalam wadah Tri Dharma Perguruan tinggi akan membawa barokah bagi promovendus di dunia dan di akhirat kelak. Dan mudah-mudahan selalu tawadu” serta semakin yakin bahwa

seberapapun hebatnya ilmu manusia belum ada apa-apanya di “mata Allah”. Amin Ya Rabbil “alamin. Wassalamu”alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	I
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
RINGKASAN	iv
SUMMARY	v
KATA PENGANTAR	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR ISTILAH, SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar belakang.....	1
B. Perumusan masalah.....	4
C. Tujuan.....	6
D. Manfaat.....	7
E. Kerangka pemikiran.....	8
F. Hipotesis.....	8
G. Ruang lingkup penelitian.....	9
H. Definisi operasional.....	
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Struktur gabah.....	12
B. Permasalahan retak pada beras.....	15
C. Proses penggilingan.....	18
D. Sifat fisik dan mekanik padi dan kompon rol.....	22
E. Model gesekan pada proses penggilingan.....	32
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
A. 1. Bahan.....	36
2. Tempat dan Bahan.....	37
B. Metodologi Penelitian	37
1. Analisis sifat fisik dan mekanis padi.....	38
2. Analisis sifat fisik dan mekanis kompon rol.....	43
3. Analisis perilaku retak dan patah pada padi.....	47
4. Model Tegangan dan Gaya Tekan antara Kompon Rol dan padi.....	48
5. Rancang Bangun Alat Uji Koefisien Gesek.....	51

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
A. Analisis Sifat Fisik dan Kimia sampel Padi..... 59
B. Analisis Sifat Fisik dan Kimia Kompon Rol..... 63
C. Analisis Karakteristik Retak dan Patah Beras Pecah Kulit Hasil Penggilingan..... 65
D. Analisis Gaya Gesek antara Kompon Rol dan Padi..... 77
E. Analisis Hubungan Gesekan antara Kompon Rol dan Padi..... 79
F. Perbandingan antara Hasil Eksperimen dan Analitis..... 88

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN 92

DAFTAR PUSTAKA..... 95

LAMPIRAN…… 101

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Sifat fisik padi..... 23
2. Struktur padi..... 24
3. Komposisi beras..... 24
4. Sifat fisik kompon rol..... 29
5. Sifat mekanik kompon rol (SNI)..... 31
6. Koefisien gesek varietas Cisadane..... 77
7. Koefisien gesek garietas Ciherang..... 78
8. Koefisien gesek varietas IR 42..... 78
9. Kurva hubungan pengujian teoritis dan eksperimen..... 84
10. Hasil uji eksperimen dan analitis gaya gesek…… 88

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Potongan membujur dari gabah..... 12

2. Struktur mikro dari kariopsis..... 13

3. Pengujian kekuatan patah padi……. 26

4. Hubungan gaya patah dan perpanjangan…….. 26

5. Diagram benda bebas proses rol……. 33

6. Koefisien gesek…… 34

7. Sketsa permukaan tekan antara padi dan rol……. 48

8. *Hertzian contact problem*…… 50

9. Diagram benda bebas dari alat uji gesekan…… 53

10. Alat uji koefisien gesek…… 55

11. Pengembangan rancang bangun alat uji gesekan…….. 56

12. Karakteristik retak beras pecah kulit sebelum penggilingan…….. 69

13. Karakteristik retak beras pecah kulit …… 70

14. Retak mikro pada batas butir endosperm varietas IR 42…… 70

15. Retak mikro pada batas butir endosperm varietas Cisadane…… 72

16. Pemeriksaan mikroskopis varietas Cisadane……. 74

17. Pemeriksaan mikroskopis varietas Ciherang ……. 74

18. Pemeriksaan mikroskopis varietas IR 42 …… 75

19. Kurva hubungan E dan kekerasan kompon……. 80

20. Kurva hubungan Fn dan E untuk varietas Cisadane…….. 81

21. Kurva hubungan Fn dan E untuk Ciherang…….. 81

22. Kurva hubungan Fn dan E untuk varietas IR…… 82

22. Kurva F_g terhadap F_n untuk varietas Cisadane……... 86

23. Kurva F_g terhadap F_n untuk varietas Ciherang…… 86

24. Kurva F_g terhadap F_n untuk varietas IR 42……. 87

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Naskah standar nasional Indonesia (SNI)	99
2. Diagram alir penelitian	100
3. Panjang dan tebal sampel padi Cisadane	101
4. Panjang dan tebal sampel padi Ciherang	101
5. Panjang dan tebal sampel padi IR 42	102
6. Data hasil uji kekerasan gabah	103
7. Hasil pengujian kekerasan rol karet	103
8. Hasil pengujian penggilingan padi	104
9. Alat ukur yang digunakan	104
10. Timbangan digital	104
11. Tipe mesin giling yang digunakan	105
12. Alat uji ketahanan kikis kompos	106
13. Alat uji kekerasan kompon rol	106
14. Sampel gabah yang digunakan	106
15. Tempat pengambilan sampel	107
16. Wilayah tanam pasang surut	108
17. Spesifikasi mesin pemecah kulit	109
	110
	110

DAFTAR ISTILAH, SINGKATAN DAN LAMBANG

Alsintan	:	Alat dan mesin pertanian
BPK	:	Beras pecah kulit
GKG	:	Gabah kering giling
MC	:	*Milling recovery*
rpm	:	*Rotation perminute*
SEM	:	*Scanning electron microscope*
Shore A	:	Nilai Kekerasan (Shore A)
HP	:	*Horse power (Watt)*
F_g	:	Gaya gesek (N)
μ_s	:	Koefisien statik
μ_k	:	Koefisien kinetik
F_n	:	Gaya normal (N)
v	:	Kecepatan (mm/detik)
a	:	Percepatan (mm/detik^2)
m	:	massa (kg)
σ_b	:	Tegangan lentur (MPa)
σ_t	:	Tegangan tarik (MPa)
δ	:	Perpanjangan (mm)
e	:	Regangan (%)
E	:	Modulus Young (GPa)
v	:	*Poisson ratio*
w	:	Lebar (mm)
h	:	Tinggi (mm)

t	:	Tebal (mm)
r	:	Radius (mm)
D	:	Diameter (mm)
g	:	Gravitasi (MPa)
T	:	Tegangan tali (MPa)
S	:	Lintasan (mm)
t	:	Waktu (detik)

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penelitian dalam bidang ilmu-ilmu pertanian dalam pendekatan di bidang teknik sangat diperlukan. Perencanaan dan perancangan alat-alat mesin pertanian (alsintan) seyogyanya dilaksanakan secara senergis dalam dua disiplin ilmu yaitu dari aspek ilmu pertanian dan aspek ilmu teknik. Hal ini sangat penting dikarenakan perancangan alsintan tanpa didasari dengan ilmu pengetahuan yang baik dalam ilmu-ilmu pertanian maka tentu hasil produksi dari mesin tersebut tidak akan optimal. Sebaliknya perancangan alat dan mesin pertanian tanpa didasari oleh bidang teknik yang baik, maka tidak akan menghasilkan produk mesin pertanian yang memiliki umur pakai yang baik. Oleh karena itu sebaiknya kedua disiplin ilmu ini antara disiplin ilmu teknik dan disiplin ilmu pertanian berjalan secara senergis untuk menghasilkan suatu produk yang berkualitas serta desain alat yang memiliki umur pakai yang optimal.

Beras merupakan sumber kalori utama dan sebagai sumber pangan utama penduduk dunia. Surajit dan Dedata (1998) mengemukakan bahwa sebagai estimasi sekitar 40% penduduk dunia terutama di Asia menggunakan beras sebagai sumber pangan utama. Penduduk Asia termasuk Asia Timur, Selatan dan Tenggara hampir 90% penduduknya mensuplai beras sebagai makanan pokok. Negara-negara tersebut seperti Republik Rakyat China, India, Indonesia, Jepang, Bangladesh, Pakistan, Vietnam, Thailand dan lain-lain.

Provinsi Sumatera Selatan adalah salah satu provinsi yang mendapat predikat lumbung pangan dan energi yang dicanangkan oleh Presiden RI dalam Kepres Tahun 2004. Oleh karena itu beras sebagai sumber pangan utama perlu mendapat perhatian baik secara kualitas maupun kuantitas untuk mempertahankan ketahanan pangan dan energi nasional. Sumatera-Selatan sebagai provinsi lumbung pangan, memiliki sentra produksi yang tersebar di sebelas kabupaten yang menghasilkan padi, jagung, kacang tanah dan ubi kayu. Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura,(2005) menyatakan bahwa produksi padi sebanyak 2.260.794 ton (625.013 ha), jagung sebanyak 59.261 ton (24.042 ha), kacang tanah sebanyak 7.681 ton (6.503 ha) serta ubi kayu sebanyak 158.042 ton (13.894 ha). Berdasarkan data tersebut produksi padi menempati peringkat teratas dari produksi lainnya dan tersebar di seluruh wilayah Sumatera Selatan.

Pengembangan produk pascapanen beras pada saat ini dan mendatang masih dititikberatkan kepada perbaikan kualitas padi dan beras serta pemanfaatan hasil samping dan limbahnya, karena produksi padi nasional sudah terserap untuk kebutuhan pokok nasional. Volume produksi padi nasional sebesar 51,85 juta ton pada tahun 2003, dari volume tersebut akan diperoleh hasil samping berupa beras patah, retak dan menir sebesar 12.30 juta ton (25 %) yang dapat dimanfaatkan menjadi produksi tepung beras, dan limbah sekam sebesar 1,36 juta ton (20%). Penggunaan sekam umumnya untuk bahan bakar bata, campuran pembuatan bata, genteng, grabah dan media tumbuh (Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura, 2005).

Tjahjohutomo *et al.,* (2004), mengemukakan bahwa rendemen produksi pertanian untuk produksi beras, baik dari aspek kualitas maupun kuantitas sangat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti teknologi pertanian, sumber daya manusia maupun sumber daya alam, kelembagaan maupun sosial ekonomi setempat yang saling berkaitan satu sama lain. Aspek teknologi pertanian seperti pemesinan memegang peranan penting dalam peningkatan rendemen produksi pertanian. Aspek lain yang juga memegang peranan penting dalam menjaga kualitas gabah maupun beras dimulai dari budidaya tanaman sampai dengan pascapanen seperti perlakuan perontokan, penundaan perontokan, pengeringan, penundaan pengeringan, penyimpanan dan perlakuan mekanik seperti penggilingan dan penyosohan.

Proses Penggilingan adalah salah satu tahap yang krusial di dalam rangkaian proses gabah kering giling menjadi beras pecah kulit. Proses ini merupakan proses tahap pertama dalam proses penggilingan sebelum selanjutnya disosoh dengan derajat sosoh tertentu menjadi beras putih. Pada proses penggilingan satu pas padi digiling pada unit mesin menjadi beras putih, sedangkan proses penggilingan dua pas, beras pecah kulit dipisahkan terlebih dahulu, kemudian disosoh pada unit penyosoh yang terpisah dengan mesin pemecah kulit. Pabrik penggilingan padi yang berskala besar (*rice milling plant*) pada umumnya sudah memiliki sistem penggilingan satu pas yang dilengkapi dengan alat pemecah kulit, pemisah, dan alat penyosoh yang terintegrasi sedemikian rupa sehingga lebih efisien. Sebaliknya mesin penggiling dengan skala kecil dan menengah biasanya masih menggunakan sistem penggilingan dua pas.

Hubungan varietas padi dan kompon rol pada proses penggilingan perlu dikaji secara intensif untuk mengetahui fenomena gesekan yang berlangsung selama proses penggilingan dan perilaku retak akibat proses penggilingan, untuk memperoleh suatu formulasi yang jelas. Salah satu varietas padi yang banyak terdapat di daerah wilayah tanam pertanian Sumatera Selatan adalah varietas pasang surut, karena wilayah tanam di Sumatera Selatan khusunya kota Palembang sebagain besar terdiri dari wilayah tanam pasang surut, (Deptan, 2004).

Hubungan varietas padi dan kompon rol terhadap perilaku retak ataupun patah pada beras sesungguhnya sangat komplek dan dipengaruhi oleh banyak parameter baik mulai dari prapanen hingga pasca panen. Oleh karena itu perlu dikaji baik dari aspek mekanis maupun kimiawi. Dari aspek mekanis patah dan retak diakibatkan oleh beban luar yang merupakan interaksi antara gabah dan kompon. Sedangkan dari aspek kimia, perilaku retak dipengaruhi oleh keberadaan lipida, protein, kadar amilosa dan amilopektin yang terkandung dalam granula pati, vitamin dan mineral di dalam gabah.

Fenomena gesekan dalam proses penggilingan padi kering giling menjadi beras pecah kulit adalah sangat penting dipelajari, hal ini dikarenakan pada proses penggilingan aspek gesekan antara kompon rol dan padi sangat menentukan kualitas hasil penggilingan.

Dalam penelitian ini dititikberatkan kepada proses penggilingan pemecahan kulit, untuk mempelajari fenomena gesekan dan perilaku retak pada proses penggilingan gabah kering giiling. Sasaran dalam penelitian ini untuk memperoleh

formulasi hubungan varietas padi dan kompon rol terhadap gaya gesek dan perilaku retak/patah.

B. Perumusan Masalah

Proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit adalah salah satu proses pascapanen di dalam menghasilkan beras pecah kulit. Hal ini dikarenakan keberhasilan suatu proses penggilingan akan mempengaruhi rendemen beras pecah kulit maupun beras putih. Salah satu faktor yang menjadi perhatian dari hasil penggilingan adalah persentase beras hasil penggilingan yang patah, retak, dan bahkan menir. Apabila ini terjadi dalam persentase yang cukup signifikan, maka dapat menurunkan kualitas, nilai gizi dan pada akhirnya dapat mempengaruhi nilai jual beras itu sendiri **(**Correaa *et al*., 2007).

Parameter yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil penggilingan juga tergantung oleh pola panen, kandungan air, proses pengeringan, pola pengeringan, varietas, penyimpanan, dan sebagainya. Selain parameter di atas, parameter mekanis juga menentukan di dalam memperoleh beras pecah kulit. Oleh karena itu untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas beras pecah kulit maupun beras putih perlu dipelajari formulasi yang cocok dari kompon rol pada mesin penggilingan padi. Hal ini dikarenakan selama proses penggilingan berlangsung kompon rol akan bersentuhan dengan padi satu sama lain agar terjadi proses pengupasan.

Permasalahan di dalam proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit selama ini belum dikaji secara mendasar terhadap jenis material

kompon rol yang cocok untuk mengakomodasi jenis varietas, sifat fisik, dan sifat mekanik serta parameter lainnya. Hal ini dikarenakan pada kenyataannya komponen yang sangat vital pada mesin penggilingan yaitu kompon rol, meskipun sudah dipoduksi dengan standar SNI, namun belum mengakomodasi untuk varietas yang ada dengan sifat-sifat yang berbeda-beda baik dalam hal fisik maupun mekanik. Sehingga hasil penggilingan belum mencapai hasil yang diinginkan dikarenakan masih banyak bagian yang patah maupun retak. Oleh karena itu perlu dipelajari secara mendasar formulasi hubungan antara sifat fisik dan sifat mekanik terhadap gesekan padi dan kompon rol, sehingga diperoleh kondisi yang cocok untuk pemilihan jenis kompon rol yang digunakan di dalam usaha untuk mendapatkan hasil yang baik selama proses penggilingan, sehingga diharapkan rendemennya menjadi lebih baik.

C. Tujuan

C.1. Tujuan Khusus

1. Menganalisis secara eksperimen sifat fisik dan kimiawi padi untuk tiga jenis varietas padi Cisadane, Ciherang, dan IR 42
2. Menganalisis interaksi antara sifat fisik dan kimiawi kompon rol.
3. Menganalisis secara eksperimen fenomena retak dan patah suatu beras hasil penggilingan baik dari aspek mekanis maupun kimiawi
4. Menganalisis model gesekan dan menghitung gaya dan tegangan yang bekerja antara kompon rol dan padi selama proses penggilingan.

5. Merancang bangun alat uji koefisien gesek antara gabah dan kompon rol serta melakukan verifikasi dan pengembangan.

C.2. Tujuan Umum

1. Mendapatkan kondisi kompon rol yang cocok pada proses penggilingan untuk varietas tertentu
2. Meningkatkan rendemen beras pecah kulit pada proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit
3. Mengurangi persentase beras patah dan retak akibat proses penggilingan
4. Memberikan kontribusi kepada Standar Nasional Indonesia terhadap penggunaan kompon rol untuk proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit
5. Mendapatkan standar pengujian koefisien gesek antara kompon rol dan gabah kering giling.

D. Manfaat

Manfaat dengan ditemukannya formulasi hubungan varietas padi dan material kompon rol terhadapgesekan dan perilaku retak pada beras pecah kulit (BPK), maka dapat diketahui sifat fisik dan mekanis kompon rol yang dapat digunakan pada proses penggilingan, sehingga diharapkan dalam proses pengggilingan padi kering giling akan menghasilkan beras pecah kulit dengan kualitas yang lebih baik. Formulasi ini sangat penting dikarenakan selama ini hubungan gesekan antara padi dan material rol belum diperhatikan secara

komperehensif. Hal ini tercermin pada proses penggilingan padi di setiap industri penggilingan padi baik skala besar, sedang, dan kecil belum memperhatikan jenis meterial kompon rol yang cocok terhadap varietas padi yang digiling. Sehingga jenis padi atau varietas apapun akan digiling oleh jenis material kompon rol yang sudah tertentu. Hal ini berarti material kompon rol mesin penggiling belum mengakomodasi untuk bermacam ragam jenis varietas. Oleh karena itu hasilnya kurang memuaskan dikarenakan masih banyaknya beras yang retak dan patah serta padi yang belum terkupas. Hal ini menunjukkan bahwa belum ada formulasi yang baku antara material kompon rol dan padi.

E. Kerangka Pemikiran

Pada proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit dengan menggunakan mesin penggiling tipe kompon rol. Proses pemisahan kulit gabah atau sekam sangat dipengaruhi oleh gesekan antara kompon rol dan gabah.

Seperti yang diketahui bahwa banyak sekali jenis varietas padi di dunia ini termasuk di daerah pasang surut. Masing-masing varietas memiliki struktur, karakteristik dan sifat yang berbeda-beda. Oleh karena itu perlakuan mekanik terhadap proses penggilingan dengan mesin tipe kompon rol perlu didapat formulasi hubungan varietas dan kompon rol terhadap gaya gesek dan perilaku retak. Hal ini dikarenakan jika tidak diformulasikan dengan jelas, maka hasil penggilingan akan terdapat fraksi yang patah lebih banyak, sehingga akan menurunkan rendemen dan kualitas dari beras pecah kulit.

Pada umumnya mesin-mesin penggiling gabah yang ada di pasaran adalah buatan luar negeri seperti Jepang. Mesin-mesin yang dirancang tentu tidak akan menyesuaikan dengan banyaknya jenis varietas. Kontak antara gabah dan kompon rol sangat ditentukan oleh gaya gesek. Sedangkan gaya gesek ditentukan oleh sifat mekanis dari kompon rol. Oleh karena itu perlu dipelajari fenomena baik secara makanis maupun kimia kompon rol dan gabah terhadap fenomena gesekan dan perilaku retak gabah. Sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan rendemen beras pecah kulit.

Hipotesis

1. Dengan mengetahui sifat fisik dan mekanik padi untuk tiga jenis varietas padi Cisadane, Ciherang, dan IR 42, diduga dapat menjadi informasi dialam proses penggilingan, sehingga dapat memilih jenis kompon rol yang cocok untuk varietas tersebut.
2. Sifat fisik dan mekanik kompon rol dipelajari, karena diduga mempengaruhi proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit maupun beras sosoh.
3. Perilaku dan karakteristik retak dan patah suatu beras hasil penggilingan diduga dipengaruhi oleh aspek mekanis dan aspek kimiawi bahan, baik kompon rol maupun gabah.
4. Gaya dan tegangan yang bekerja antara kompon rol dan padi selama proses penggilingan diduga mempengaruhi fraksi patah dan retak beras giling.

5. Diduga dengan merancang bangun alat uji koefisien gesek, maka dapat diketuhui hubungan varietas gabah dan kompon rol terhadap gaya gesek yang dibutuhkan pada proses penggilingan.

G. Ruang Lingkup Penelitian

1. Mempelajari hubungan gesekan gabah dan kompon rol pada mesin penggilingan tipe rol.
2. Menganalisis perilaku retak yang diakibatkan oleh aspek mekanis maupun kimiawi untuk beberapa jenis varietas padi pasang surut.

H. Definisi Operasional

1. Formulasi adalah suatu rumusan didalam operasional suatu sistem untuk mendapatkan hasil yang terbaik.
2. *Oriza sativa L* adalah istilah latin dari padi.
3. *Hulling process* adalah proses pelepasan kulit gabah/sekam.
4. Kompon rol adalah sepasang rol yang terbuat dari bahan karet untuk mesin penggilingan.
5. *Friction* adalah gesekan sebagai akibat dari kontak dua benda yang memiliki kecepatan relatif.
6. Koefisien gesekan adalah suatu konstata yang menunjukkan rasio antara gaya gesek dan gaya normal.
7 Modulus Young adalah suatu konstanta hubungan antara tegangan dan regangan.

8. *Scanning electron microscope* adalah mikroskop untuk memeriksa permukaan patahan bahan.
9. *Rice milling plant* adalah pabrik penggilingan gabah skala besar.
10. Tegangan normal adalah tegangan yang diberikan oleh kompon rol ke permukaan gabah pada proses penggilingan.
11. *Fracture* adalah patah setelah melalui proses retak.
12. *Crack* adalah retak
13. *Three point bending test* adalah pengujian kekuatan lentur bahan yang sering dilakukan pada gabah/beras.
14. *Poisson ratio* adalah perbandingan regangan transversal dan regangan longitudinal.
15. Koefisien gesek adalah suatu konstanta hubungan antara gaya gesek dan gaya normal/tekan yang diberikan kompon rol ke permukaan gabah.
16. Shore A adalah metode pengujian kekerasan yang biasa digunakan untuk menguji kekerasan karet atau kompon rol.
17. *Hertzian theory* adalah teori yang menerangkan hubungan kontak dua benda yang mengatur gaya gesek yang ditimbulkan.

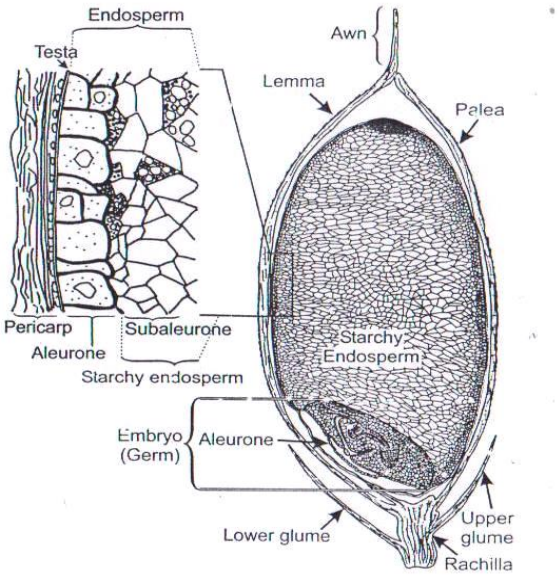
BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Struktur Gabah

Gabah atau butir padi terdiri dari dua bagian utama yaitu kariopsis dan kulit gabah atau sekam. Kariopsis sering disebut dengan beras pecah kulit yang dapat dimakan sebanyak 72-82 %, sedangkan sekam sebanyak 18-28 %. Kariopsis tersusun dari 1-2 % perikap, 4-6 % aleuron dan testa, 2- 3 % lembaga dan 89-94 % endosperm (Juliano, 1984).

Juliano (1980) mengemukakan bahwa gabah hasil penggilingan menghasilkan 18-28 % sekam, 4-5 % dedak, 3 % bekatul, dan 65 % beras giling, 72-82 % beras pecah kulit atau 64-74 % beras sosoh.

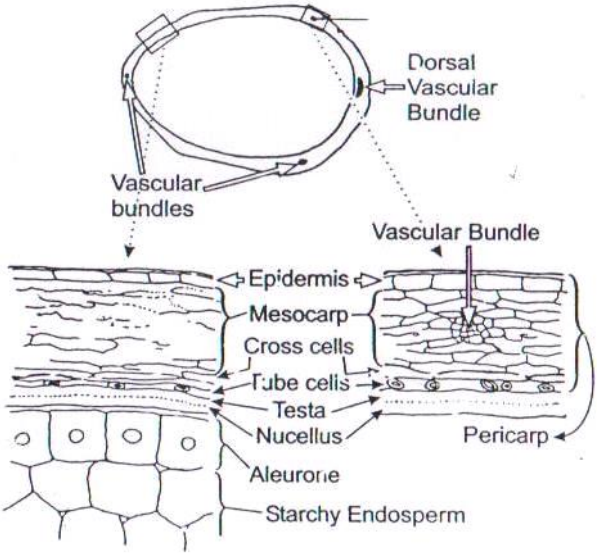
Struktur gabah secara utuh dapat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Potongan membujur dari gabah (Juliano and Bechtel, 1985)

Sekam tersusun dari jaringan serat-serat selulosa yang banyak mengandung silika. Sekam terdiri dari *palea* dan *lemma* serta ada bagian rokila dan bulu.

Kariopsis atau beras pecah kulit terdiri dari bermacam lapisan sel seperti perikap, pembungkus biji dan nuselus. Ketika proses penyosohan lapisan pembungkus kariopsis dan sebagian lapisan aleuron menjadi dedak. Lapisan aleuron merupakan nuselus dan yang membungkus endosperm dan lembaga. Lapisan-lapisan ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur mikro dari kariopsis (Hashikawa, 1993)

Endosperm terdiri dari bagian aleuron dan endosperm berpati atau sub aleuron. Bagian endosperm berpati terdiri dari sel-sel poligonal granula pati dan protein. Daerah endosperm berpati dibagi menjadi dua bagian, yaitu wilayah sub aleuron dengan dua lapis sel terluar endosperm yang terletak di bawah sel aleuron dan daerah pusat endosperm yang terletak di bagian tengah (Haryadi, 2008).

Pada bagian kariopsis banyak mengandung lipida, protein, vitamin dan mineral. Lipida dan protein banyak terdapat di bagian permukaan biji yaitu pada auleron dan lembaga. Sebagian protein berada pada bagian antar granula pati yang berfungsi sebagai pengepakan. Protein sangat berperan dalam perilaku mekanis gabah, sehingga mempengaruhi keretakan dan patahnya akibat proses penggilingan. Kadar protein mempunyai korelasi positif dengan rendemen beras kepala. Susunan bodi protein antar granula pati mempengaruhi kekompakan sehingga mempengaruhi juga kekerasan gabah (Haryadi, 2008). Makin tinggi kandungan protein makin tinggi tingkat kekerasan beras, sehingga makin tahan terhadap gesekan selama penyosohan. Dengan demikian bagian endosperm yang terkikis lebih sedikit. Akibatnya derajat putih beras lebih rendah. Hal ini dapat diatasi dengan proses parboiling atau pengukusan dengan uap bertekanan, dikarenakan dapat menjadikan lebih keras dan lebih bening. Beras parboiling lebih mudah digiling dan tahan patah. Perlakuan parboiling mempererat ikatan lembaga dengan endosperm, meningkatkan nilai gizi, mutu tanak, dan ketahanan simpan. Endosperm menjadi mengeras dan pelekatan aleuron dan lembaga dengan endosperm menjadi lebih kuat.

Granula pati tersusun dari dua jenis polimer glukosa yaitu amilosa (amorph) dan amilopektin (kristalin). Molekul amilopektin merupakan polimer rantai panjang dan berat molekulnya tinggi yang tersusun pada rangka granula. Sedangkan molekul amilosa merupakan rantai cabang yang linear yang mengisi granula-granula. Granula pati mengandung protein dan lipida. Protein terutama enzim-

enzim yang tersisa dari sintesa pati (Marthin and Smith, 1995). Lipida mempengaruhi sifat-sifat tanak, proses dan sensori pati.

Lipida tidak sebanyak karbohidrat dan protein, namun juga sangat penting dan memberikan kontribusi gizi, sensori, dan fungsional. Tambahan lipida juga mempengaruhi pelekatan dan karakteristik fungsi lain di dalam pati (Juliano 1977,1983; Fujino,1978; Morrison,1978).

Lipida berbentuk *spherosomes/ lipid droplets* dengan diameter<1,5 μm pada lapisan aileron, d<1 μm pada lapisan subaleuron, dan <0,7 μm pada lembaga. (Juliano, 1983). Lipida diklasifikasikan menjadi lipida non pati di dalam lapisan aleuron dan embryo serta lipida pati (Morisson, 1978).

Lipida paling banyak terdapat pada permukaan butir beras pecah kulit dan berfungsi sebagai “bantalan” atau pelindung butir beras ketika ada tekanan penggilingan. Hal ini dikarenakan beras pecah kulit memiliki banyak granula pati sedangkan dibagain luar banyak lipida, maka ketika ada tekanan hanya dalam bentuk retak dan tidak patah seperti ditunjukkan pada foto SEM.

B. Permasalahan Retak pada Beras

Permasalahan retak dan patah pada beras pecah kulit selama proses penggilingan maupun proses penyosohan sampai sekarang masih diteliti penyebabnya dan belum dipelajari secara lengkap (Siebenmorgen, *et al.* 2005). Retak dan patah pada beras baik beras pecah kulit maupun beras sosoh tidak mungkin dapat dihindari secara sempurna, tetapi hanya dapat dikendalikan dengan cara memenuhi prosedur standar operasional di dalam proses prapanen

maupun pascapanen. Hal ini dikarenakan sifat fisik dan mekanik padi yang secara alamiah bersifat rapuh, sehingga padi atau beras sangat rentan terhadap pengaruh beban luar. Pengaruh beban luar yang dimaksud adalah gaya tekan yang ditimbulkan oleh sepasang kompon rol pada mesin penggiling. Gaya ini dapat memicu padi menjadi patah apabila gaya tekan melebihi kekuatan patah dari padi itu sendiri (Chandra, 2009). Oleh karena itu penelitian mengenai gaya gesek yang bekerja antara padi dan kompon rol serta perilaku retak perlu dianalisis secara mendasar.

IRRI (2008), mengemukakan bahwa retak dan patah pada beras pecah kulit dapat disebabkan oleh dua faktor yaitu patah alami dan patah mekanik. Patah/retak alami terjadi pada saat sebelum penggilingan. Hal ini terjadi selama proses pascapanen yaitu pola panen, pola perontokkan, penyimpanan, pengeringan dan sebagainya. Waktu panen yang tidak sesuai dengan waktu sesungguhnya dapat menyebabkan keretakkan. Pola perontokkan setelah panen untuk memperoleh padi kering simpan juga dapat menyebabkan keretakan dan bahkan patah. Perontokkan dengan cara dihempas cendrung memicu retaknya padi hasil perontokkan dibandingkan dengan cara dengan menggunakan mesin perontok. Demikan juga pola pengeringan dan penyimpanan juga dapat memicu keretakan dan bahkan patah sebelum digiling. Sedangkan retak atau patah mekanik disebabkan oleh semata-mata proses penggilingan baik akibat proses penggilingan maupun proses penyosohan.

Penelitian tentang retak dan patah sebelum proses penggilingan pernah dilakukan. Bekki dan Bautista (1996) meneliti mengenai karakteristik retak

sebelum digiling yang disebabkan oleh penyerapan kadar air di dalam beras pecah kulit. Penelitian tentang retak alami sudah juga dilakukan sampai ke bidang simulasi komputer seperti yang dilakukan oleh (Jia *et al*., 2002). Peneltian ini mempelajari pola tegangan pada intra kernel dari beras selama pengeringan secara analisis metode elemen hingga.

Identifikasi retak atau patahan beras yang disebabkan oleh aspek mekanik belum diteliti secara intensif. Penelitian retak untuk material padat seperti logam dan beberapa material padat lainnya sudah berkembang. Hal ini dikarenakan material tersebut adalah material padat bersifat homogen. Hal ini berbeda bila dibandingkan dengan produk padi/beras sebagai produk biologis serta bersifat tidak homogen. Sifat yang tidak homogen dari padi/beras dikarenakan mengandung beberapa bagian/lapisan seperti lapisan *auleron*, lapisan *bran*, dan lapisan *endosperm*, sehingga lebih komplek di dalam analisis perilaku retak.

Broek (1982), menerangkan teori retakan dan mekanika patahan bahwa retakan pada suatu benda solid melalui tiga tahapan proses sebelum mengalami patah yaitu tahap pengintian retak (*crack initiation*), tahap perambatan retak (*crack propagation*) dan tahap patah akhir (*final fracture*). Tahap pengintian retak bermula pada daerah yang paling lemah seperti adalah cacat, batas butir yang memicu terbentuknya konsentrasi tegangan dimana bermulanya retak awal. Dengan adanya beban luar yang bekerja seperti pada proses penggilingan, maka dapat menimbulkan retak awal yang diikuti dengan perambatan retak. Untuk material yang ulet, perambatan retak bergerak stabil sedangkan untuk material yang rapuh

seperti padi dan beras maka perambatan retak terjadi sangat cepat dan tidak stabil. Setelah perambatan retak berlangsung, maka akan terjadi patah.

Bekki and Bautista (1996) melakukan penelitian yang berkenaan dengan perilaku retak pada beras pecah kulit yang disebabkan oleh penyerapan kadar air. Hasil penelitian ini menunjukkan perilaku retak beras yang disebabkan oleh patah alami. Pola dan perilaku retak khususnya akibat aspek mekanik selama proses penggilingan masih perlu dipelajari secara komprehensif. Zhang *et al.,* (2004) mempelajari retak pada beras dengan pengamatan mikroskop electron untuk mempelajari pola dan perilaku retak beras akibat perlakuan pasca panen atau yang sering disebut patah alami.

Patahan beras akibat proses penggilingan juga dipengaruhi oleh gaya tekan yang ditimbulkan oleh karet rol terhadap beras. Besarnya gaya tekan tergantung dengan sifat mekanik kompon rol seperti kekerasan karet dan modulus elastisitas (E) serta *Poisson ratio* (v). Oleh karena itu analisis dan pengamatan terhadap sifat mekanis kompon rol perlu dikembangkan.

Proses pemecahan kulit padi kering giling menjadi beras pecah kulit terjadi akibat gesekan sepasang kompon rol selama proses penggilingan. Gesekan yang terjadi adalah antara padi dan rol atau padi dengan padi. Gesekan antara padi dan sepasang kompon rol yang dipasang dengan jarak tertentu dengan kecepatan yang relatif pada arah yang berlawanan akan menyebabkan padi yang digiling terkupas menjadi beras pecah kulit.

Dari uraian sebelumnya, arah dari penelitian ini difokuskan pada permasalahan patah atau retak pada beras selama proses penggilingan.

Berdasarkan dari permasalahan terrsebut, maka perlu diketahui penyebab utama yang menyebabkan patahnya beras akibat proses penggilingan. Oleh karena itu dalam penelitian ini perlu dicari formulasi hubungan varietas padi dan material kaompon rol terhadap gesekan dan perilaku retakan pada beras hasil penggilingan, sehingga dapat diketahui kondisi optimum pada proses penggilingan. Dalam formulasi ini perlu dikaji mekanisme penentuan gaya tekan atau gaya normal yang diberikan oleh kompon rol terhadap permukaan padi. Hal ini penting dikarenakan gaya tekan atau gaya normal berkaitan erat dengan tegangan patah dari padi.

C. Proses Penggilingan

Penggilingan padi adalah salah satu tahapan pasca panen yang terdiri dari rangkaian beberapa proses untuk mengolah padi menjadi beras siap konsumsi. Padi yang dapat dimasukan pada proses penggilingan adalah padi kering giling, yaitu padi yang memiliki kadar air berkisar 14 %.

Proses penggilingan bertujuan untuk melepaskan atau mengupas kulit padi menjadi beras pecah kulit. Bagian yang akan dilepaskan pada struktur butiran padi adalah *palea, lemma, dan glume* yang disebut dengan sekam. Sebagian besar padi yang dimasukan ke dalam mesin pemecah kulit akan terkupas, dan masih ada sebagian kecil yang belum terkupas. Padi yang belum terkupas harus dipisahkan dari beras pecah kulit dan sekam untuk dimasukan kembali ke dalam mesin pemecah kulit. Proses penggilingan berlangsung dengan baik apabila padi memiliki kadar air berkisar antara 13 -15 %. Kadar air yang lebih tinggi dapat

menyebabkan proses pengupasan akan sukar dipecahkan. Sebaliknya, pada kadar air yang lebih rendah butiran padi menjadi mudah pecah atau patah sehingga menghasilkan beras patah, retak, dan bahkan menir.

Proses penggilingan adalah proses yang tidak lepas dari faktor gesekan antara kompon rol dan padi. Sepasang kompon rol yang dipasang dengan jarak tertentu akan memberikan tegangan tekan kepada permukaan padi. Gaya tekan ini sangat berperan dalam proses gesekan di dalam proses pengupasan kulit.

Rickman dan Gummert (2008) mengklasifikasikan proses pemecahan kulit padi baik menjadi beras pecah kulit maupun beras putih menjadi satu pas, dua pas dan multi pas. Pada mesin satu pas gesekan padi terjadi pada sepasang rol logam dengan gaya tekan yang relatif tinggi. Mesin tipe ini pada awalnya digunakan untuk produk kopi. Rendemen beras putih menjadi rendah berkisar 50 % sampai dengan 55 %.

Pada mesin dua pas padi digiling menjadi beras pecah kulit dan beras putih sebanyak dua tahap. Pemecahan kulit dilakukan oleh sepasang kompon rol kemudian dilanjutkan dengan proses penyosohan dengan menggunakan rol baja. Tipe ini memiliki rendemen yang lebih baik dari tipe satu tahap yaitu dapat mencapai 60 %. Pada mesin jenis ini, padi kering giling dilakukan penggilingan pada suatu mesin giling tipe kompon rol atau bisa juga dengan tipe cakram gesek untuk menghasilkan beras pecah kulit, kemudian dilanjutkan dengan proses penyosohan pada derajat penyosohan tertentu.

Padi yang dipanen sebagai padi kering panen memiliki kelembaban (16 -28 % w.b). Padi kering panen mengalami 7 % susut pada saat pengeringan dan

penyimpanan (padi kering simpan). Dari 93 % padi kering simpan ini menjadi 100 % padi kering giling. Dari 100 % padi kering giling akan ada 3 % benda asing pada proses pembersihan awal. Selanjutnya padi bersih mengalami proses pemecahan kulit, dimana sekam yang berbobot 20 % dari bobot padi awal akan terlepas dari butiran padi, dan akan tersisa beras pecah kulit sebanyak 77 %. Beras pecah kulit kemudian melalui proses penyosohan untuk memisahkan bekatulnya dan untuk mendapatkan warna beras yang mengkilap. Akibat proses ini diperoleh bekatul sebanyak 10 % dari berat padi awal, beras kepala sebanyak 52 % dan beras patah segala ukuran sebanyak 15 %.

Proses penyosohan dari beras pecah kulit menjadi beras putih dengan mesin penyosoh dilakukan untuk memperoleh unjuk rupa dari beras yang lebih baik yaitu beras sosoh akan berwarna putih dan mengkilap. Meskipun proses penyosohan sebenarnya dari sudut pandang kesehatan dapat merugikan dikarenakan dampak dari proses penyosohan akan menghilangkan sebagian besar vitamin dan protein yang terkandung dalam beras itu sendiri. Namun pada kenyataannya kebutuhan konsumen terhadapa beras sosoh lebih banyak. Dengan memperhatikan unjuk rupa beras sosoh yang mengkilap, maka ada kecenderungan harga menjadi meningkat, meskipun hal ini sebenarnya dapat dikatakan sebagai salah kaprah.

Tjahjohutomo *et al*., (2004), mengemukakan bahwa rendemen beras giling secara nasional dari tahun ke tahun menunjukkan penurunan kuantitatif dari 70 % pada dekade 70 an, 65 % pada dekade 80 an, 63.3 % pada akhir dekade 90 an dan pada tahun 2000 menjadi 62 % dan bahkan di tingkat lapangan dapat

mencapai di bawah 60 %. Penurunan rendemen 1 % per tahun akan menyebabkan kehilangan secara kuantitatif setara $ 117.5 juta US dengan asumsi produksi padi nasional 50 juta ton dengan harga $ 235 US/ton. Oleh karena itu diperlukan studi untuk mengidentifikasi permasalahan berkenaan dengan penurunan rendemen pada tingkat industri penggilingan padi dengan menggunakan metode kombinasi survei, uji laborarorium. Menurut penelitiannya bahwa rendemen mutu beras giling sangat dipengaruhi oleh pengaruh konfigurasi mesin penggiling. Konfigurasi alat berupa kelengkapan peralatan pendukung seperti *dryer, cleaner, separator* dan sebagainya dapat meningkatkan rendemen beras. Namun belum mengkaji hubungan varietas padi dan karet kompon rol selama proses penggilingan.

Parameter yang mempengaruhi rendemen selama proses penggilingan adalah sifat mekanik kompon rol, kecepatan putar rol, jarak antar rol, posisi rol. Semua parameter tersebut sebaiknya dievaluasi untuk mendapatkan kondisi penggilingan yang optimal. Siebenmorgan (2004), menerangkan bahwa dari 100 kg padi kering giling dengan mesin giling tipe rol terdapat 15 % bagian yang patah, baik patah alami maupun mekanik. Dari 15 % beras patah hasil giling tersebut terdiri dari patah, retak dalam segala ukuran termasuk menir.

D. Sifat Fisik dan Mekanik Padi dan Kompon Rol

Sifat fisik dan sifat mekanik baik padi maupun kompon rol perlu dikaji di dalam mempelajari formulasi hubungan gesekan antara padi dan kompon rol selama proses penggilingan. Kedua sifat ini baik padi maupun kompon rol perlu

dipelajari dan diperhatikan untuk mendapatkan hubungan dan korelasi yang baik yang dapat diaplikasikan di dalam proses penggilingan. Jika kedua sifat ini tidak dipelajari maka tidak mungkin menemukan formulasi di dalam interaksi kedua material tersebut. Sifat fisik menunjukkan sifat bawaan dari benda tersebut baik padi maupun kompon rol. Biasanya sifat fisik tidak dapat diubah-ubah seperti modulus bulk, densiti, komposisi, dan sebagainya. Sedangkan sifat mekanik berkaitan dengan aspek mekanik berupa beban, kekerasan, kekuatan, modulus elastisitas, dan sebagainya. Sifat mekanik biasanya masih bisa diubah dengan cara melakukan perlakuan-perlakuan terhadap benda itu sendiri. Sifat fisik dan sifat mekanik saling berkaitan erat satu sama lain. Sifat fisik dapat mempengaruhi sifat mekanik. Sebagai contoh komposisi kompon rol, apabila ada perubahan persentase dalam unsurnya, maka kekuatan dan kekerasan kompon rol tersebut juga berubah.

1. Sifat fisik dan mekanis padi

Corrêaa *et al*., (2007) mengemukakan bahwa keberhasilan proses penggilingan baik untuk menghasilkan beras pecah kulit maupun beras putih dipengaruh oleh densitas bulk, spesifik graviti serta koefisien gesek. Dikatakan juga bahwa aspek mesin dan operasinya jika tidak dirancang dengan baik, maka akan memicu terjadinya retak atau patah dan pada akhirnya dapat menurunkan kualitas dan juga menurunkan harga. Zhang (2005) juga mempelajari mengenai sifat mekanik butir beras. Penelitiannya lebih menitikberatkan kepada aspek sifat mekanik terhadap patahnya beras. Dari penelitian-penelitan tersebut terlihat bahwa begitu pentingnya mempelajari dan menganalisis baik sifat fisik maupun

sifat mekanik di dalam mendukung untuk membuat suatu formulasi hubungan varietas padi dan kompon rol pada proses penggilingan.

Beberapa sifat fisik padi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1

Tabel 1. Sifat fisik beras (Brooker *et al*., 1992)

Properti	Padi
Densitas (kg/m^3)	590
1000- berat butir (g)	27
Porisitas (%)	48
Panas spesifik (kJ/kg.^{0} C)	1,51
Konduktivitas (W/m.^{0}C)	0,106
Luas permukaan spesifik(m^2/m^3)	1132

Mengamati sifat fisik pada Tabel 1, ada beberapa sifat yang berpengaruh terhadap perilaku retak gabah ketika mengalami proses penggilingan menjadi beras pecah kulit yaitu sifat porositas pada gabah yang cukup signifikan yaitu 48 %. $8 % dari luas permukaan gabah terdiri dari porositas. Porositas merupakan ketidak kotinyuan permukaan dan merupakan suatu cacat permukaan yang dapat memperlemah ketahanan patah gabah ketika mengalami beban gesek dari kompon rol.

Sedangkan struktur beras sesuai dengan varietas masing-masing, pada umumnya ada yang berukuran pendek gemuk, sedang dan berukuran panjang. Namun secara umum struktur beras seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Struktur beras (Brooker, 1992)

panjang	lebar	Diameter equivalen	Berat

5 -10 mm	1.5 - 5 mm	4.2 - 4.6 mm	23 - 27 mg

Komposisi beras giling dalam hal ini beras pecah kulit, beras putiserta bran/bekatul ditunjukkan pada Tabel 3, berupa persentase air, *starch,* amilosa, *protein, fat, fiber, dan crude ash.*

Tabel 3. Komposisi beras (Brooker,*et al.,*1992)

	Beras pecah kulit	Beras putih	Bran/k
Udara (%)	13-14	13-14	13-1
Pati (%)	68-70	80	9
Amilosa	28-30	33	6
Protein (%)	6-8	6-7	14
Lemak	3	1	20
Serat	2-3	0.5	25
Abu minyak mentah	1-1.5	0.5	9-1

Tabel 1, 2 dan 3 menunjukkan bahwa sifat fisik padi/beras sudah terbangun dengan baik, namun untuk sifat mekanis padi/beras masih dirasakan sangat kurang informasi mengenai sifat mekanis. Hal ini yang mendorong penulis untuk meneliti lebih jauh khususnya untuk mempelajari karakteristik padi/beras dalam aspek sifat mekanisnya. Sifat mekanis yang dimaksud adalah kekuatan patah (*breakage force*), modulus elastisitas, tegangan patah, serta koefisien gesek baik statik maupun kinetik padi terhadap kompon rol khususnya varietas padi Cisadane, Ciherang dan IR 42 yang ada di daerah pasang surut. Informasi-informasi

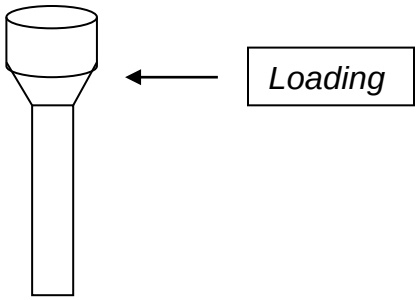
mengenai sifat mekanis padi/beras sangat penting dalam rangka mempelajari lebih mendalam mengenai perilaku karakteristik retak padi/beras.

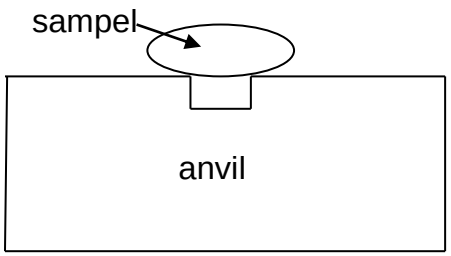
Data sifat mekanik padi dan beras masih perlu dikembangkan dan dilakukan pengujian khususnya untuk varietas padi di Sumatera Selatan dan Indonesia umumnya. Data yang dimaksud adalah data kekuatan patah padi, kekerasan padi (σ_f), regangan (e), koefisien gesek (μ), modulus Young (E) dan sebagainya.

Hal ini sangat penting untuk mempelajari lebih jauh karakteristik retak/patah padi/ beras. Siebenmorgen *et al.,* (2005), mempelajari hubungan distribusi gaya patah pada padi terhadap kualitas padi untuk tiga varietas Cypress, Drew, and XL6.

Gaya patah *(breakage force)* padi dapat ditentukan dengan suatu pengujian mekanik yaitu pengujian lentur tiga titik atau yang sering disebut dengan *Three point bending test* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

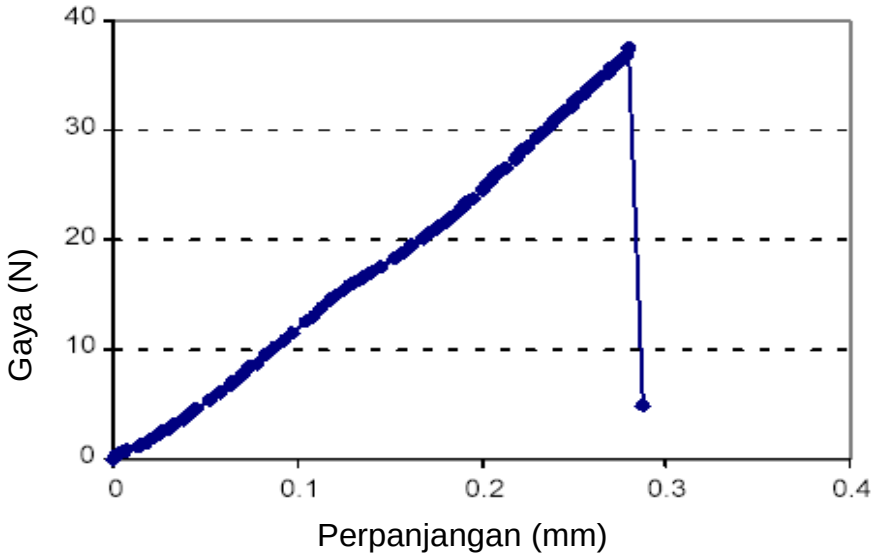
Pengujian lentur tiga titik (*three point bending test*) dapat memberikan hubungan antara gaya lentur dan deformasi yang terjadi pada padi. Gaya lentur yang bekerja ditimbulkan oleh kompon rol. Hal ini dikarenakan kompon rol mengalami kontak langsung dengan permukaan padi selama proses penggilingan. Gaya lentur yang bekerja tegak lurus pada permukaan padi berupa gaya normal dan menyebabkan gesekan antara kompon rol dan padi.





Gambar 3. Pengujian kekuatan patah padi (Siebenmorgen *et al*., 2005)

Gaya normal akan menyebabkan lenturan dan menimbulkan regangan pada padi. Hubungan antara gaya normal dan regangan (e) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan gaya patah dan perpanjangan (δ)
(Siebenmorgen dan Qin, 2005)

Pada Gambar 1 dan 2 di atas menunjukkan gaya patah padi yang berkisar antara 30 Newton sampai dengan 40 Newton dengan perpanjangan (δ) mendekati 0,3 mm. Padi dengan gaya patah lebih kecil 20 Newton, maka padi tersebut digolongkan kepada padi yang lemah, sedangkan bila gaya patahnya di atas 20

Newton, maka padi tersebut digolongkan kepada padi yang kuat/tangguh.

Pada Gambar 2 dapat dikembangkan hubungan antara tegangan patah (*breakage stress/*σ_b) terhadap regangan (*strain/e*) dalam hubungan tegangan elastik. Hal ini berarti padi yang patah akibat beban luar terjadi pada kondisi elastis yang dapat ditunjukkan dengan persamaan hukum Hooke sebagai berikut.

$$\sigma \approx e$$

$$\sigma = E \cdot e \quad \text{(MPa)}$$

dimana : σ = tegangan (MPa)

E = modulus Young (MPa)

e = elongation (%)

Bila : $\sigma = F/A$

$e = \delta/l$

Maka $$E = \frac{F \times l}{A \times \delta} \quad \text{(MPa)} \qquad (1)$$

Dimana : F = adalah gaya tekan (N)

l = panjang padi (mm)

A = penampang (mm^2)

δ = pertambaahan panjang (mm)

Hubungan tegangan dan regangan menunjukkan hubungan antara tegangan patah dan regangan (e) yang merupakan sifat mekanis padi. Pada Gambar 4 di atas menunjukkan juga kondisi linear pada hubungan gaya patah dan perpanjangan. Hal ini berarti sulit menentukan kondisi yield/luluh padi. Namun

Shitanda *et al.,* (2001) meneliti bahwa gaya luluh/yield padi sebesar 18 Newton dengan modulus elastisitas sebesar 543 MPa.

Siebenmorgen *et al.,* (2004), juga mengevaluasi pengaruh distribusi gaya patah pada beras terhadap kualitas beras. Kualitas beras dalam hal ini persentase patahnya sangat dipengaruhi oleh distribusi gaya yang terjadi selama proses penggilingan. Apabila distribusi gaya yang bekerja pada permukaan padi selama proses penggilingan jauh lebih besar dari kekuatan patah padi itu sendiri, maka padi mengalami patah atau retak. Oleh karena itu sangat penting dipelajari hubungan sifat mekanis padi dan kompon rol karena terjadi kontak satu sama lain dalam proses penggilingan. Hubungan ini lebih jauh dipelajari formulasi hubungan didalam proses gesekan agar supaya padi terkupas kulitnya dan tidak patah.

Zhang (2005), Juga mempelajari bahwa mekanisme kegagalan dalam proses penggilingan sangat dipengaruhi oleh energi patah, kekuatan patah, dan modulus elastisitas padi kering giling. Pernyataan dari Zhang *et al.,* juga mendukung pernyataan sebelumnya.

2. Sifat fisik dan mekanis kompon rol

Kompon rol adalah komponen yang sangat vital dari suatu mesin penggiling. Hal ini dikarenakan komponen ini mengalami kontak langsung dengan padi selama proses pemecahan kulit. Oleh karena itu penelitian di bidang kompon rol sangat penting dikembangkan dalam rangka mencari kondisi optimum dari kompon rol.

Sifat fisik dari kompon rol memegang peranan penting di dalam aplikasinya pada sebuah mesin penggilingan. Sifat fisik kompon rol terdiri dari komposisi

utama berupa karet alam yang dipadu dengan bahan-bahan lain seperti bahan perekat serta bahan tambahan lainnya seperti silika, asam dan antioksidant dalam jumlah tertentu. Demikian juga sifat mekanik dari bahan kompon rol juga sangat memegang peranan penting. Hal ini dikarenakan mempengaruhi seberapa gaya normal yang ditimbulkan selama proses penggilingan.

Komponen utama kompon rol sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI 7417, 2008)) tersusun dari unsur-unsur sebagai berikut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Komposisi utama kompon rol seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 adalah karet alam, yang dicampur dengan karet sitentik (*styrene butadiene rubber/SBR*), dan bahan pengisi/*filler* yang biasa digunakan silika serta bahan tambahan seperti bahan perekat, *antioksidant* dan lain-lain dalam jumlah phr yang sedikit (SNI 7417, 2008).

Tabel 4. Komposisi dari kompon rol (SNI 7417, 2008/)

No	Bahan	Jumlah (phr)
1	*Styrene butadiene rubber (SBR)*	60
2	Karet alam (RSS-1)	40
3	Seng oksida (ZnO)	5
4	Asam stearat (*stearic acid*)	2
5	Bahan antioksidant (*antioxidant*)	1
6	Bahan perekat (*tackifiers*)	2
7	Diethlyene (DEG)	5
8	Silika	85
9	CBA	1,2
10	Belerang	2,5
11	*Phthalinide sulfenamide*	0,1

Catatan: phr adalah per hundred (per seratus bagian bahan karet)

Karet alam yang digunakan adalah jenis elastomer (*elastic hydrocarbon polymer*) yang merupakan turunan dari lateks yang berwarna putih susu yang sering ditemukan di tanaman karet. Sedangkan bahan pengisi yang digunakan adalah silika yang dapat ditambahkan dalam bentuk serbuk silika. Silika merupakan senyawa Si dan karbon yang bersifat keras dan tahan temperatur tinggi. Bahan ini sebagai penguat (*reinforcement*) kompon rol. Jadi kompon rol sebenarnya bukan material polimer murni melainkan material komposit, karena tersusun dari beberapa jenis material.

Penelitian di bidang karet untuk meningkatkan sifat mekanik dan unjuk kerja kompon rol dan komponen mesin lainnya terus dikembangkan seperti yang dilakukan oleh balai penelitian karet Bogor. Alam (2004) meneliti teknik pengumpanan bahan kimia kompon untuk mesin penggilingan. Efendi (2008) mengembangkan optimasi proses *mixing* untuk mesin rol pengupas padi pada mesin *open mixer* dengan metode respon permukaan. Dalam metodenya dapat meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan tarik (*tensile strength*) yang sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Penelitian pada karet alam (*nature rubber*) sebagai bahan utama juga dipelajari oleh Yulihastiwa (2009) yang mempelajari mengenai perlakuan awal terhadap fasa karet alam (NR) terhadap sifat campuran karet alam dan polipropilin. Penelitian karet bekas (skrap) juga dilakukan oleh Setyowati (2007) dari balai besar kulit, karet ,dan polimer yang meneliti mengenai pemanfaatan skrap kompon rol untuk pembuatan barang atau produk yang terbuat

dari karet. Semua penelitian-penelitian di atas tidak lain untuk meningkatkan unjuk kerja karet dalam aplikasinya terutama di bidang teknik.

Sifat mekanik kompon rol seperti tegangan putus (σ_f), regangan/perpanjangan (e), ketahanan kikis, dan kekerasan (Shore A) selalu dipengaruhi oleh komposisi kompon rol sendiri. Masing-masing sifat mekanis tersebut saling berkaitan satu sama lain. Tegangan putus dari kompon rol semakin tinggi akan diikuti oleh kekerasan yang tinggi pula dan ketahanan kikis yang meningkat. Namun sebaliknya untuk perpanjangan/regangan, bila tegangan putus kompon rol meningkat, maka perpanjangan akan semakin menurun. Sifat mekanis kompon rol seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Sifat mekanik kompon rol (SNI 7417, 2008)

Parameter	Satuan	Persyaratan
Tegangan putus	Mpa	Min 11.8
Perpanjangan/regangan	%	Min 130
Ketahanan kikis	mm^3/kgm	Maks 1.7
Kekerasan	Shore A	90 ± 5

Chandra *et al*., (2009), mengevaluasi gaya yang terjadi selama proses penggilingan padi kering giling menjadi beras pecah kulit. Untuk mendapatkan hasil proses penggilingan yang baik, gaya tekan yang diberikan oleh karet rol harus lebih kecil dari gaya patah beras, agar supaya tidak terjadi patah selama proses penggilingan. Semakin keras kompon rol maka gaya tekan yang diberikan ke permukaan padi semakin besar. Hal ini dapat memicu patah atau retak pada beras pecah kulit. Sebaliknya semakin lunaknya kompon rol, maka

gaya tekan yang diberikan kepermukaan padi semakin kecil. Jika kompon rol terlalu lunak, maka kecendrungan untuk tidak terkupasnya padi menjadi lebih besar. Kekerasan kompon rol ditunjukkan dengan nilai modulus elastisitas E dan nilai *Poisson ratio* (v). Semakin keras kompon rol maka modulus elastisitasnya semakin tinggi dan diikuti dengan nilai *poisson ratio* yang semakin kecil. Sebaliknya semakin turun kekerasan kompon rol maka semakin rendah nilai modulus elastisitasnya (modulus Young) dan diikuti oleh *poisson ratio* yang semakin besar. Hubungan antara Modulus elastisitas (modulus Young) dan Kekerasan (*Shore Hardness*) diteliti oleh Gent (1958) dalam tulisannya yang menerangkan formula hubungan E dan v sebagai berikut.

$$\mathbf{E} = \frac{0{,}0918\ (56 + 7{,}66\ S)}{0{,}1375\ (254 - 2{,}4\ S)} \quad \text{.....(2)}$$

Dimana : E adalah Modulus Elastisitas (MPa)

S adalah nilai kekerasan dari kompon rol (Shore A)

Merujuk dari rumus (2) di atas terlihat jelas hubungan antara modulus elastisitas dan kekerasan dari kompon rol. Sifat mekanik dari kompon rol merujuk kepada nilai modulus elastisitas dan kekerasan kompon rol tersebut. Namun persamaan di atas tidak hanya diperuntukan untuk nilai kekerasan kompon rol yang kurang dari seratus, hal ini dikarenakan pada nilai kekerasan kompon bernilai seratus, maka modulus elastisitas akan bernilai tak terhingga. Jadi hubungan pada persamaan (2) di atas hanya berlaku untuk kekerasan yang bernilai lebih kecil dari seratus. Pada umumnya kekerasan kompon rol berkisar antara 80 sampai 95 Shore A (SNI 7417, 2008) untuk kegunaan pada mesin penggilingan

padi.

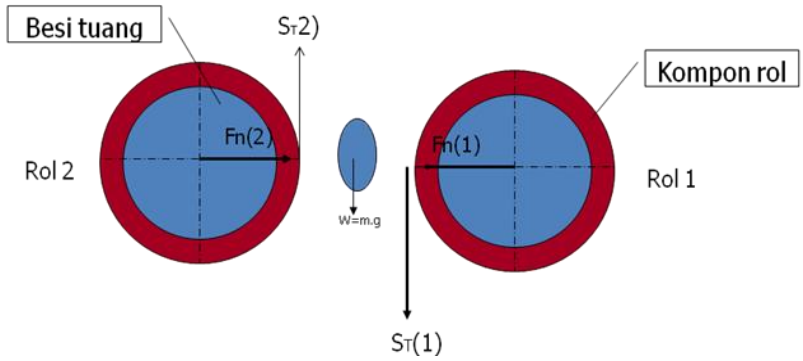
E. Model Gesekan Pada Proses Penggilingan

Gesekan adalah dampak dari kontak dua buah benda atau lebih yang disebabkan adanya perbedaan kecepatan yang disebut dengan kecepatan relatif. Tanpa adanya kecepatan relatif maka tidak mungkin adanya gesekan. Gesekan ditimbulkan oleh gaya normal dan kecepatan relatif. Fenomena gesekan meskipun menyebabkan dampak seperti aus dan dapat membangkitkan energi panas, namun gesekan dibutuhkan dalam aplikasi teknik seperti proses penggilingan padi, stabilnya kendaraan yang berjalan di jalan raya dan lain-lain. Hal ini dikarenakan bila tanpa adanya gesekan maka niscaya padi dapat terkupas dan kendaraan dapat berjalan di jalan raya dengan stabil.

Fenomena gesekan pada proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit adalah permasalahan kontak (*contact problem*) antara permukaan padi dan permukaan kompon rol yang dapat dipelajari secara eksperimen, analitis, maupun numerik. Permasalahan kontak antara dua atau lebih komponen mesin dan merupakan fenomena yang cukup komplek. Hal ini dikarenakan permasalahan ini adalah permasalahan dinamis antara dua komponen yang bergerak. Mekanisme gesekan padi selama proses penggilingan ditunjukan pada Gambar 5, dimana dua buah gaya utama dalam proses kompon rol pada permukaan padi terjadi pada kondisi slip sehingga terjadi kecepatan relatif yang disebabkan kecepatan putar dari kedua rol berbeda (rpm).

Stavroulaki and Stavroulakis (2002) menguraikan model gesekan Coulomb

dengan kondisi *stick-slip*. Pada kondisi tanpa slip maka tidak terjadi gesekan tangensial relatif, artinya koefisien gesekan μ = 0. Model gesekan Coulomb ditunjukkan dengan persamaan [1].



Gambar 5. Diagram benda bebas
proses rol. (Chandra, 2009)

$$\mathbf{S_T} \leq \boldsymbol{\mu}|\mathbf{S_N}|\mathbf{t}$$

dimana $\mathbf{S_N}$ = Tegangan normal

$\mathbf{S_T}$ = tegangan gesek tangensial

μ = koefisien gesek

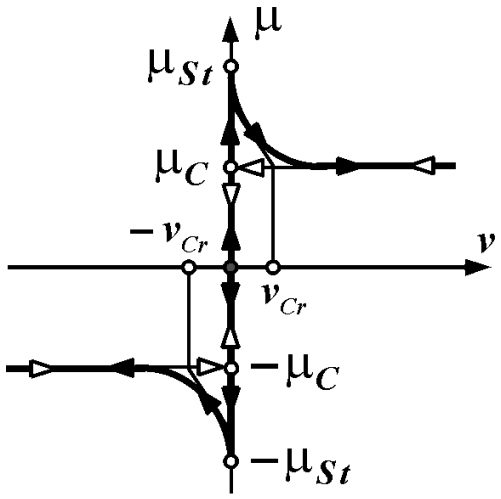
t = $v_r/|v_r|$, dimana v_r adalah kecepatan relatif yang menimbulkan *sliding*

t = vektor tangensial dalam arah kecepatan relatif

Pada kondisi *stick* tanpa slip, maka tidak ada kecepatan tangensial relatif dan koefisien gesekan μ_s = 1.0. Pada proses penggilingan padi kondisi yang terjadi adalah kondisi slip. Hal ini dikarenakan adanya perbedaan kecepatan kedua kompon rol, sehingga koefisien gesekan yang terjadi kurang dari satu yaitu μ_s <

1.0.

Koefisien gesek menjadi turun seiring dengan kenaikan kecepatan atau putaran. Sehingga koefisien gesek pada kondisi dinamis menjadi lebih rendah dari koefisien gesek statis. Nilai koefisien geseknya dinyatakan dengan koefisien gesek kinetis. Pada suatu kecepatan tertentu bila kecepatan terus meningkat, maka nilai koefisien gesek kinetis cendrung menjadi stabil atau konstan. Hubungan koefisien gesek dan kecepatan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Koefisien gesekan (Stavroulaki and Stavroulakis, 2002)

Permasalahan kontak pada kasus gesekan mesin penggiling gabah kering giling menjadi beras pecah kulit adalah permasalahan *rolling contact* antara sepasang kompon rol dan padi yang dapat didekati baik secara analitis dan numerik. Pendekatan dengan numerik biasanya dengan metode elemen hingga (*finite elemen analysis*).

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

A. 1. Bahan

Bahan atau sampel pada penelitian ini adalah beberapa jenis varietas padi yang ada di Sumatera Selatan. Varietas yang dipilih adalah varietas Cisadane, varietas IR 42, dan varietas Ciherang. Varietas ini banyak terdapat di wilayah tanam pasang surut di Sumatera Selatan tepatnya di daerah Kabupaten banyu Asin, mengingat wilayah tanam pasang surut di daerah Sumatera Selatan cukup luas. Pertimbangan lain di dalam penentuan varietas adalah dipilihnya varietas pada wilayah tanam yang sama yaitu wilayah tanam pasang surut, hal ini dikarenakan untuk menjaga homogenitas terhadap sampel dan menghindari pengaruh terhadap wilayah tanam.

Bahan atau sampel yang diteliti ditetapkan spesifikasinya terlebih dahulu seperti kadar air yang sama berkisar 14%, wilayah tanam yang sama yaitu wilayah tanam pasang surut, pola perontokan yang sama, pola pengeringan sama dan waktu simpan yang sama serta pengujian dengan kondisi alat ukur dan tipe mesin penggilingan yang juga sama. Kadar air untuk padi kering giling ditetapkan 14 %. Bentuk dan ukuran butir padi dalam penelitian dipilih yang memiliki ukuran butir yang mewakili yaitu yang berbentuk lebih pendek dan gemuk, sedang dan ada yang berbentuk lebih panjang. Demikian juga sampel dari varietas padi kering giling yang diteliti dipilih dengan waktu simpan yang sama.

Dengan menggunakan sampel tersebut dengan paramater yang telah ditetapkan, maka dapat dijadikan sebagai data pendukung dalam mempelajari

formulasi hubungan gesekan antara padi dan kompon rol selama proses penggilingan.

2. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan baik secara eksperimen di laboratorium yang ada di Fakultas Teknik UNSRI, Laboratoriumm THP Fakultas Pertanian UNSRI, Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Unsri, Laboratorium Bulog Palembang Divre Sumatera Selatan, Dinas Pertanian dan Mitra kerja Bulog serta di PT Sarana Mustika Surabaya sebagai produsen kompon rol untuk mesin pertanian. Penelitian di Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik melakukan pengujian mekanik kompon rol seperti kekuatan tarik kompon rol, pengukuran dimensi sampel. Pengujian kekerasan padi dilakukan di Laboratorium THP Fakultas Pertanian. Sebagian pengujian mekanik kompon rol dilakukan di Laboratorium Teknik Kimia Politeknik Unsri. Pengujian penggilingan padi untuk skala laboratorium dilakukan di Laboratorium Bulog Divre Palembang. Sedangkan bahan kompon rol untuk penelitian ini dibuat di P.T Sarana Mustika Surabaya. Penelitian juga dilaksanakan di Laboratorium *Computational Science*, *Tokyo University of Science Japan* mulai tanggal 1 Oktober 2010 sampai dengan 25 Desember 2010.

B. Metodologi Penelitian

Metode yang dilakukan mulai dari persiapan bahan sampai dengan menarik kesimpulan dan saran dilakukan dengan tahapan penelitian seperti ditunjukkan pada Diagram Alir pada Lampiran 2.

1. Analisis Sifat Fisik dan Mekanis Padi

Padi yang mengalami patah/retak sudah terjadi sebelum proses penggilingan yaitu sudah dimulai setelah pascapanen. Hal ini karena parameter retak atau patah dipengaruhi oleh perlakuan pascapanen, perontokan, penyimpanan dan bahkan dipengaruhi oleh budidaya tanaman padi. Oleh karena begitu kompleknya fenomena patah pada padi maka perlu dilakukan kajian secara komprehensif mulai dari pascapanen hingga proses penggilingan terhadap padi. Demikian juga pengaruhnya terhadap pengaruh konfigurasi mesin penggiling seperti sifat mekanik rol karet terhadap sifat fisik padi yang secara eksperimental harus dilakukan. Hasil survei menunjukkan bahwa padi mengalami kerusakan berupa retak/patah sangat berpengaruhi signifikan terhadap rendemen beras giling. Pengujian dan pemeriksaan yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1.1. Pengukuran Ukuran Butir Padi

Pengukuran dimensi butir dalam penelitian ini sangat perlu dilakukan mengingat varietas padi tidak memiliki dimensi yang sama. Ukuran butir biasa ditunjukkan dengan panjang (l), tebal (t) dan terkadang dengan diameter equivalen (D). Ukuran butir sangat mempengaruhi hasil proses penggilingan. Butir yang lebih panjang dan ramping tentu akan lebih rawan patah dibandingkan dengan butir yang pendek dan gemuk. Setiap wilayah tanam akan menghasilkan ukuran butir yang bermacam ragam. Dalam kaitannya dengan proses penggilingan maka secara langsung tentu akan ada pengaruhnya terhadap ukuran butir.

Demikian juga bahwa proses penggilingan tidak lepas dari aspek gesekan, maka luas permukaan padi yang terkait dengan dimensi juga akan mempengaruhi gaya gesek yang dibutuhkan untuk mengupas padi kering giling menjadi beras pecah kulit.

Sebelum dilakukan proses penggilingan, padi terlebih dahulu harus diperiksa ukuran butirnya. Ukuran butir padi sering ditunjukkan dengan ukuran panjang padi, tebal padi, dan sering juga ditunjukkan dengan diameter equivalen padi. Hal ini bertujuan agar padi yang akan digiling, sesuai dengan kondisi optimal terhadap jarak antar kedua rol pada mesin penggiling padi. Sehingga didapatkan hasil penggilingan yang baik, yaitu minimnya beras yang patah atau retak. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur mikrometer sekrup. Ketelitian alat ukur ini adalah 0,01 dengan cara mengukur panjang dan tebal padi. Pengukuran setiap sampel dilakukan sebanyak sepuluh kali dan diambil nilai rata-ratanya, hal ini untuk memperkecil nilai kesalahan didalam pengukuran serta mengantisifasi kecermatan alat ukur, terkadang alat ukur terkendala dengan masa kalibrasi, sehingga kecermatannya menjadi turun.

Tahapan pengukuran yang dilakukan adalah sebagai beirkut

1. Pengunci dipastikan dalam keadaan terbuka
2. Rahang dibuka dengan cara memutar ke kiri pada skala putar hingga benda dapat masuk ke rahang.
3. Sampel yang diukur diletakkan pada rahang, dan putar kembali sampai tepat.
4. Pengunci diputar sampai skala putar tidak dapat digerakkan dan terdengar bunyi 'klik'.

Skala pada mikrometer dibagi dua jenis:

1. Skala Utama dibaca yaitu terdiri dari skala : 1, 2, 3, 4, 5 mm, dan seterusnya.

   Nilai tengah : 1,5; 2,5; 3,5; 4,5; 5,5 mm, dan seterusnya.

2. Skala Putar

   Terdiri dari skala 1 sampai 50

   Setiap skala putar berputar mundur 1 putaran maka skala utama bertambah 0,5 mm. Sehingga 1 skala putar = 1/100 mm = 0,01 mm

1.2. Pengukuran Persentase Sampel Gabah Sebelum Penggilingan

Gabah yang digunakan dalam penelitian ini diambil di daerah pasang surut yaitu di daerah jalur Kabupaten Banyu Asin Sumatera Selatan, dan dilakukan pemeriksaan fisik sebagai gabah kering giling. Pemeriksaan dilakukan secara manual untuk sampel seberat 100 gram diperiksa persentase padi yang utuh dan persentase padi yang retak sebelum digiling. Padi yang sudah retak sebelum digiling disebabkan oleh pola perlakuan pasca panen yang tidak memenuhi standard. Padi kering giling yang sudah retak akan patah bila dilakukan peggilingan. Retak pada gabah kering giling kemungkinan tidak bisa dihindari namun dapat dikurangi seminimal mungkin dengan perlakuan pasca panen yang memenuhi standar.

Pemeriksaan dilakukan dengan cara mempersiapkan sampel padi kemudian diletakkan di dalam wadah dan direndam dengan menggunakan alkohol. Pemilihan media alkohol dikarenakan alkohol memiliki sifat yang mudah menguap dan ringan, sehingga dengan mudah dapat mengering dan tidak mempengaruhi

kadar airnya. Alkohol yang digunakan adalah dengan kadar 70 % yang ada dipasaran. Perendaman dilakukan agar padi yang berisi dengan yang hampa terpisah. Padi yang hampa akan mengapung dan yang berisi akan tetap terendam. Setelah proses pemisahan, maka sampel yang berisi dikeringkan dengan menggunakan media udara hingga kadar airnya menjadi 14 %. Selanjutnya sampel yang berisi tadi ditimbang sebanyak 100 gram dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar persentase padi yang utuh dengan padi yang retak dan patah sebelum dilakukan penggilingan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana efek proses penggilingan terhadap hasil gilingan

Pada hasil penggilingan dengan menggunakan mesin pemecah kulit dalam ukuran kecil dengan tipe kompon rol yang ada di laboratorium BULOG Palembang terlihat hasil penggilingan menunjukkan hasil yang berbeda terhadap kadar yang patah. Hal inilah yang mendorong perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui faktor apa yang sangat berperan dalam memicu patah dan retak padi kering giling selama proses penggilingan menjadi beras pecah kulit.

1.3. Pengujian Kekerasan Padi

Pengujian kekerasan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan sampel padi untuk ketiga varietas Cisadane, Ciherang dan IR42 sebagai sampel dalam penelitian ini. Pengukuran kekerasan perlu dilakukan mengingat setiap varietas tidak sama kekerasannya dikarenakan sifat fisik dan mekanik yang berbeda. Padi yang memiliki kekerasan yang tinggi tentu akan tidak rentan terhadap patah sebaliknya padi yang kekerasannya lebih rendah tentu

akan rentan terhadap patah. Kekerasan suatu padi juga mempengaruhi proses pengupasan dan penentuan gaya tekan kompon rol terhadap gabah kering giling.

Sebelum dilakukan uji kekerasan maka sampel yang akan diuji dibedakan berdasarkan jenis sampelnya. Sampel yang telah dipersiapkan akan dilakukan uji kekerasan dengan menggunakan *Lfra Texture Analyzer.* Pada pengujian ini beban yang digunakan adalah 50 g_f, dengan probe jarum terbuat dari baja tahan karat (*stainless steel*), ke dalaman penekanan 1.0 mm. Penekanan dengan probe jarum yang terbuat dari baja tahan karat dilakukan hingga menusuk bagian lapisan bran hingga lapisan endosperm. Pengujian kekerasan dilakukan untuk setiap sampel sebanyak sepuluh kali dan diambil nilai rata-ratanya. Pengujan dilakukan sebanyak sepuluh kali, hal ini dikarenakan juga terkait dengan kecermatan alat uji yang sangat tergantung dengan masa kalibrasi alat.

Tahap Pelaksanaan Pengujian :

1. Saklar dihubungkan ke stop kontak.
2. Tombol ”on” ditekan yang terletak pada bagian belakang alat.
3. Tentukan jenis probe yang akan digunakan sesuai dengan pengukuran tekstur yang akan diinginkan.
4. Probe dipasangkan ke alat yang digunakan
5. Set display LFRA dengan menekan tombol *”select/scroll”*. Set test *cycle, trigger, distance dan speed* sesui dengan sampel yang akan diukur dengan memutar tombol *”select/scroll”* ke arah kanan.
6. Sampel diletakkan pada tempat yang telah disediakan.
7. Tombol *”start”* ditekan untuk memulai pengukuran.

8. Probe akan bergerak ke arah sampel dan akan mengukur tekstur dari sampel tersebut.
9. Pada display akan terbaca *peak load* dan *final load* dalam satuan *gram force.*
10. Bila pada display terbaca *"maximal terminated"* artinya alat tidak bisa mengukur tekstur sampel tersebut. Ubah setting dari LFRA dengan menekan tombol *"reset".*
11. Setelah selesai pengukuran, tombol *off* ditekan pada bagian belakang alat.
12. Saklar dicabut dari stop kontak.

1.4. Analisis Sifat Fisik dan Mekanis Kompon Rol

Kompon rol dari mesin penggiling adalah komponen yang sangat berperan dalam proses penggilingan padi menjadi beras pecah kulit. Hal ini dikarenakan kompon rol adalah bagian utama yang kontak dengan padi pada saat proses penggilingan. Pada mesin penggiling tipe kompon rol, biasanya mesin penggiling dilengkapi dengan sepasang rol yang berdiameter sama yang dipasang paralel dengan jarak tertentu serta berputar pada suatu kecepatan konstan dengan arah yang berlawanan. Kecepatan (rpm) dari kedua rol dirancang sedemikian rupa dengan kecepatan yang berbeda. Hal ini dimaksudkan agar dalam proses penggilingan terjadi perbedaan kecepatan relatif yang dapat menyebabkan terkupasnya kulit padi. Konstruksi dari kompon rol terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian inti yang terbuat dari logam dan bagian luar yang terbuat dari karet. Bagian inti dari kompon rol terbuat dari besi cor (*cast iron*) yang dibuat atau di produksi dengan cara pengecoran logam (*casting process*). Bahan baku besi cor

dipanaskan hingga mencair, kemudian dilakukan penuangan ke dalam cetakan dan dibiarkan membeku untuk mendapatkan inti kompon rol seperti yang diinginkan. Proses cor biasanya dilakukan untuk membuat komponen dengan bentuk yang komplek dan dihasilkan dalam bentuk produksi massa.

Pemilihan besi cor pada bahan inti rol dikarenakan besi cor memilki sifat yang dapat meredam getaran selama proses penggilingan. Callister (2005) menunjukkan Jenis-jenis besi cor terdiri dari yaitu besi cor kelabu (*gray cast iron*), besi cor nodular (*nodular cast iron*), besi cor mampu tempa (*malleable cast iron*), dan besi cor putih (*white cast iron*). Keempat jenis besi cor ini besi cor kelabu memiliki sifat yang paling baik di dalam meredam getaran. Hal ini dikarenakan besi cor jenis ini memiliki grafit/karbon bebas yang dapat meredam getaran. Sifat seperti ini sangat diperlukan dalam pemakaian di bidang teknik pemesinan, termasuk dalam hal mesin penggilingan padi. Besi cor nodular memilki sifat kemampuan tarik yang baik dan besi cor mampu tempa memilki sifat mampu tempa yang baik. Sedangkan besi cor putih jarang digunakan karena sifatnya yang rapuh. Kompon rol terbuat dari campuran karet alam dengan paduan yang distandarkan dalam SNI (SNI 7417, 2008).

Sifat mekanik kompon rol terdiri dari kekuatan tarik, ketahanan putus, perpanjangan/regangan yang dinyatakan dengan seberapa besar elongation yang terjadi selama proses penarikan, ketahanan kikis, serta kekerasan. Masing-masing sifat mekanik tersebut saling berkaitan satu sama lain dan saling mempengaruhi.

Komposisi utama dari kompon rol distandarkan dalam Standardisasi Nasional Indonesia (SNI 7417, 2008) seperti yang ditunjukkan pada Lampiran 1. Kompon rol yang memiliki tegangan putus yang baik akan diikuti dengan perpanjangan yang lebih baik juga. Demikian juga kompon rol yang memiliki kekerasan yang tinggi juga akan diikuti dengan ketahanan kikis yang lebih tinggi. Namun untuk sifat mekanik kompon, bila kekerasanya semakin tinggi biasanya diikuti dengan perpanjangan yang lebih rendah. Jadi semakin lunaknya kompon rol maka regangannya akan semakin tinggi. Oleh karena itu perlu dipelajari kondisi terbaik untuk sifat mekanik dalam kaitanya dengan proses penggilingan. Sehingga diharapkan dengan kondisi sifat mekanik tersebut akan dapat mengupas padi dengan kadar retak dan patah yang seminimal mungkin, sehingga rendemen beras pecah kulit menjadi lebih baik. Data sifat mekanik kompon rol seperti yang ditunjukan pada Tabel 5.

Beberapa pengujian sifat mekanik dilakukan untuk megetahui sifat mekanik kompon rol yaitu sebagai berikut :

1.4.1. Uji Ketahanan Kikis

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan kikis dari vulkanisat karet kompon rol yang digesekkan pada sebuah ampelas kikis dengan mutu tertentu, dengan tekanan dan area tertentu. Ketahanan karet dapat bertahan terhadap gesekan dengan benda lain pada pemakaiannya, disebut ketahanan kikis. Ketahanan kikis sangat perlu dilakukan untuk mengetahui nilai ketahanan

gesekan sehingga akan mempengaruhi umur dari kompon rol. Kompon rol dengan ketahan kikis yang rendah akan memiliki umur pakai yang rendah, sebaiknya kompon rol dengan ketahanan kikis yang tinggi akan memiliki umur pakai yang lebih lama.

Pengujian ketahanan kikis ini menggunakan alat *Akron Abrasion Tester*. Pengujian ini dibuat menurut CNS 734-K6047 dan cocok untuk pengujian sampel kompon rol mesin penggiling, karet ban, pembalut tangki, sol sepatu, dan lain-lain.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut

1. Siapkan sampel, ukur dimensi spesimen yaitu diameter dan lebar.
2. Timbang berat awal spesimen dan tempatkan pada tempatnya.
3. Letakkan *rubber wheel* pada ”roda” dengan sudut normal 15°.
4. Berikan beban yang sesuai.
5. Tetapkan siklus pengujian pada penghitung (*counter*) atau (ditetapkan 415 putaran jika kecepatan 83 dan 1250 putaran jika kecepatan 250).
6. Setelah pengujian kikis, spesimen dilepas, dibersihkan dari debu kikisan, dan ditimbang beratnya.
7. Hitung nilai kikis untuk masing-masing spesimen dan bersihkan.

1.4.2. Uji Kekerasan

Uji kekerasan kompon rol bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari kompon rol. Kekerasan kompon rol dalam Standar Nasional Indonesia yang direkomendasikan berkisar antara 80 sampai dengan 95 kekerasan Shore A. Nilai kekerasan kompon rol yang ada dipasaran berkisar 92 Shore A. Namun

kekerasan ini belum mengakomodasi untuk semua varietas padi. Kompon rol dengan kekerasan yang tinggi akan memiliki modulus elastisitas yang tinggi pula. Hal ini berarti dapat memberikan dampak gaya tekan ke permukaan padi pada proses penggilingan menjadi tinggi juga. Sebaliknya kompon rol dengan kekerasan yang relatif rendah akan memberikan gaya tekan ke permukaan padi yang rendah juga. Oleh karena itu perlu ditemukan nilai kekerasan yang cocok untuk digunakan dalam proses penggilingan.

Pengujian kekerasan ini menggunakan alat *Hung Ta Multiple Platen Mold Press.* Alat ini dapat digunakan untuk mencetak sampel karet dan menguji kekerasan karet.

Tahapan pengujian adalah sebagai berikut.

1. Hubungkan saklar ke stop kontak
2. Hidupkan alat dengan cara menekan tombol ”on” pada bagian belakang alat.
3. Letakkan sampel pada meja penekanan
4. Tekan tombol merah, alat akan secara otomatis menekan spesimen.
5. Setelah dilakukan penekanan, baca jarum skala
6. Catat nilai kekerasan yang didapat.

1.5. Analisis Perilaku Retak dan Patah Padi

Retak maupun patah suatu padi/beras hasil penggilingan merupakan permasalahan yang serius dalam mutu beras pecah kulit. Hal ini dikarenakan dapat menurunkan rendemen beras pecah kulit. Pada penelitian ini diamati secara eksperimen karakteristik retak dari beras hasil penggilingan dengan melakukan

pengamatan dengan menggunakan mikroskop elektron (*scanning electron microscope*). Pengamatan dilakukan pada permukaan padi maupun permukaan patah dari beras pecah kulit hasil penggilingan dengan menggunakan mikroskop elektron (SEM). Mekanisme retak yang terjadi pada beras dikaji dengan mengaitkan sifat mekanik dan kimiawi dari beras hasil penggilingan.

Aspek mekanik terhadap retak dan patah dipelajari dengan menganalisis parameter mekanik yang mempengaruhi retak dan patah. Hubungan gaya tekan kompon rol terhadap sifat mekanik dan kimiawi karet rol seperti modulus elastisitas (E), poisso ratio (v) dan komposisi kimia kompon rol dianalisis.

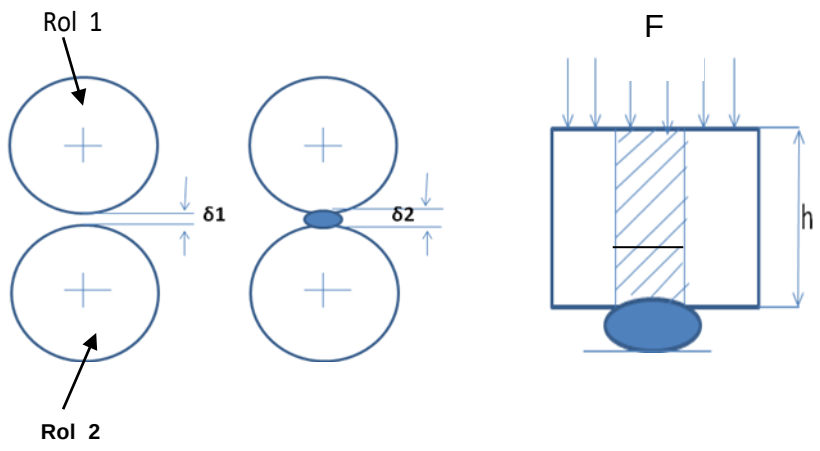
Aspek kimiawi terhadap perilaku retak seperti pengaruh lipida, protein, vitamin dan mineral yang terkandung baik di permukaan maupun antara granula pati, serta pengaruh kadar amilosa dan amilopektin di dalam granula pati juga dianalsis untuk mendapatkan fenomena perilaku retak dan patah.

1.6. Model Tegangan Gaya Tekan antara Kompon Rol dan Padi

1.6.1. Solusi Analitis

Proses pelepasan kulit padi disebabkan oleh kontak antara padi dan material kompon rol. Gaya normal yang ditimbulkan oleh kompon rol menyebabkan gesekan akibat perbedaan kecepatan dan gaya berat padi. Gaya normal yang terlalu besar dapat menyebabkan padi patah. Sebaliknya jika gaya normal terlalu kecil maka padi tidak terkupas. Hal ini berarti ada suatu kondisi optimum yang menyebabkan padi terkupas tanpa mengalami patah atau retak.

Tegangan normal yang terjadi pada kompon rol secara analitis dapat ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Sketsa permukaan tekan antara padi dan rol

Tegangan normal yang terjadi adalah

$$\sigma = \frac{F}{A}, \qquad \sigma = \frac{F}{w.r}$$

dimana : w adalah lebar karet yang tertekan (mm)

r adalah tebal karet (mm)

$$\varepsilon x h = \frac{1}{2}(\delta_1 - \delta_2)$$

$$F = W.r.E.\ \frac{1}{2}(\delta_1 - \delta_2) \quad \text{.....(1)}$$

dimana :

F adalah gaya normal kompon rol (kg)

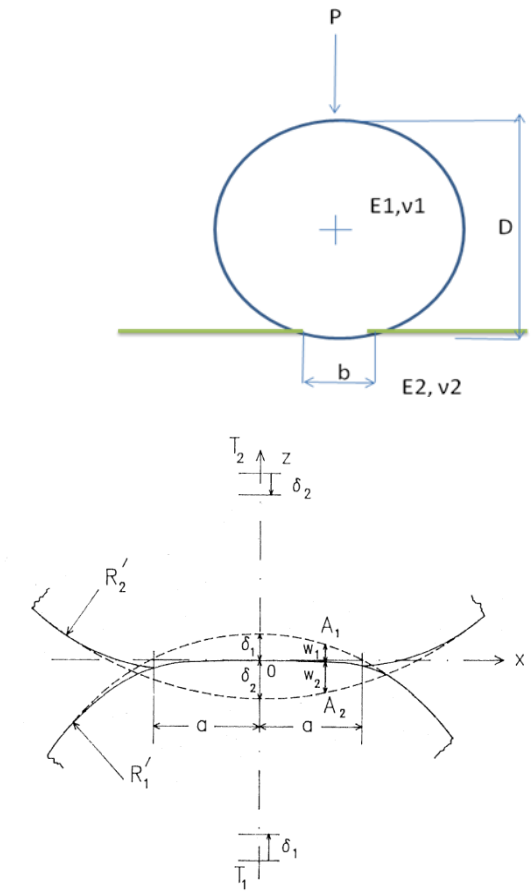
E adalah modulus elastisitas (GPa)

δ_1 adalah lebar celah antara rol 1 dan rol 2 sebelum kontak dengan gabah (mm)

δ_2 adalah lebar celah antara rol 1 dan rol 2 setelah kontak dengan gabah (mm)

1.6.2. *Hertzian Theory*

Model analitis yang sangat terkenal yang memberikan solusi analitis pada permasalahan kontak dalam gesekan dua benda dikembangkan oleh *Hertzian* yang lebih dikenal dengan *Hertz theory* yang memberikan solusi analitis dalam penentuan tegangan normal kompon rol



Gambar 8. *Hertzian contact problem* (Hertzian, 2006)

Dimana :

L = Panjang silinder (mm)

P = Beban per unit panjang (kg)

K_D = D (diameter)

v = *Poisson ratio*

R = *Radius* (mm)

$$b = 1,60\sqrt{p\,K_D C_E}$$

$$C_E = \frac{1-v^2}{E_1} + \frac{1-v^2}{E_1}$$

Tegangan tekan maksimum adalah = $\sigma_c maks = 0,799\sqrt{\frac{p}{K_D C_E}}$

$$\delta = 3\sqrt{\frac{9\,F^2}{16}\left(\frac{1-v\,A^2}{E} + \frac{1-v\,B^2}{E}\right)^2\left(\frac{1}{E} + \frac{1}{E}\right)} \quad .....(2)$$

Dimana

δ = Deformasi dari kompon rol (mm)

F_n = Gaya normal (N)

E_A = Modulus elastisitas kompon (GPa)

E_B = Modulus elastisitas padi (GPa)

v_A = *Poisson ratio* kompon

v_B = *Poisson ratio* padi

1.7. Rancang Bangun Alat Uji Gesek Statik

Salah satu parameter yang berpengaruh dalam proses penggilingan padi menjadi beras pecah kulit adalah gaya gesek yang dibutuhkan dalam proses penggilingan. Gaya gesek yang bekerja dipengaruhi oleh gaya tekan yang diberikan oleh kompon rol dan seberapa besar koefisien gesek antara rol dan permukaan padi. Nilai koefisien gesek untuk beberapa materal padat seperti logam

sudah didata oleh para peneliti sebelumnya, namun nilai koefisien gesek untuk padi, terlebih lagi untuk padi wilayah tanam pasang surut beum ditemukan. Oleh karena itu dalam penelitian ini perlu dilakukan desain dan perancangan alat uji koefisien gesek untuk mendapatkan nilai koefisien gesek statik dan kinetik untuk varietas padi Cisadane, Ciherang dan IR 42. Hal ini dikarenakan belum adanya nilai koefisien gesek untuk varietas padi tersebut.

Metode kerja alat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Pertama-tama padi dengan varietas Cisadane ditaburkan di antara 2 lapisan kompon rol yang diuji. Kemudian diukur gaya normal dan gaya geseknya dengan menambahkan media pasir ke dalam penampungan hingga lapisan karet rol bergerak perlahan-lahan dan terjadi gesekan antara padi dan kompon rol. Pengujian ini dilakukan berulang-ulang hingga padi kering giling terkupas dengan sempurna. Setelah padi terkupas maka berat pasir ditimbang yaitu berat pasir yang menyebabkan gaya gesek (F_g), dan berat pasir yang menyebabkan gaya normal (F_N). Perbandingan antara gaya gesek F_g dan gaya normal F_N diperoleh koefisien gesek statik antara padi dan kompon rol. Pengukuran dilakukan dengan cara yang sama untuk varietas padi Ciherang dan varietas IR 42.

1.7.1. Pengukuran Koefisien Gesek Statik

Koefisien gesek merupakan konstanta pembanding antara gaya gesek dan gaya normal yang bekerja. Gaya gesek besarnya akan sebanding dengan gaya normal. Gaya gesek timbul apabila terjadi kecepatan relatif antara dua buah permukaan. Permukaan gesek antara rol dan padi diasumsi berupa permukaan

rata, dikarenakan dimensi padi yang sangat kecil dibandingkan permukaan rol. Gaya gesek bernilai tinggi pada saat kecepatan mendekati nol, dan dinyatakan dengan adanya koefisien gesek statik (μ_s). Bila kecepatan bertambah, maka gesekan menjadi menurun dengan ditunjukkan dengan nilai koefisien kinetik (μ_k).

Koefisien gesek statik nilainya lebih besar dari koefisien gesek kinetik. Nilai koefisien gesek merupakan fungsi dari kecepatan.

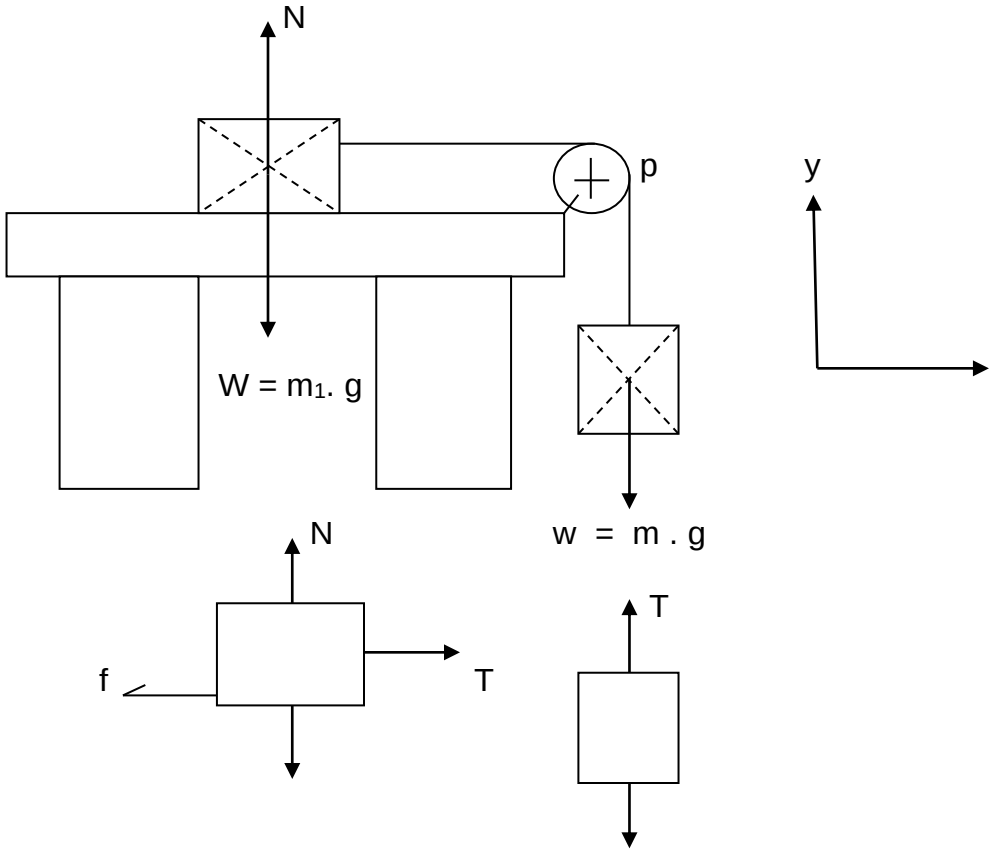
$$F_g = \mu_s \cdot N \quad [N]$$

Dimana : F_g = Gaya gesek [N]

μ_s = Koefisien gesek statik

N = Gaya normal [N]

Hubungan antara koefisien gesek statik dan koefisien kinetik secara analitis dapat ditunjukkan pada Gambar 9.



$W = m_1 . g$ $w = m_2 . g$

Gambar 9. Diagram benda bebas dari alat uji gesekan

dimana : m_1 = massa beban normal (g)

N = gaya normal (N)

W = berat normal (N)

g = gravitasi (N/mm^2)

T = tegangan tali (N/mm^2)

P = pulli

w = beban gesek (N)

f = gaya gesek (N)

Persamaan koefsien gesek statik (μ_s) dan kinetik (μ_k) diturunkan dari persamaan kesetimbangan berikut :

$\Sigma F_x = T - f = m_1 . a$ .....(3)

$\Sigma F_y = N - (m_1 . g) = 0$

$\Sigma F_x = 0$

$\Sigma F_y = T - m_2 . g = - m_2 . a$ .....(4)

Substitusi Persamaan (3) ke persamaan (4)

$\Sigma F_x = T - f = m_1 . a$

$\Sigma F_y = T - f = m_1 . a$

Jadi :

$f = \mu_k . N = m_1 . g – (m_1 + m_2) . a$

$\mu_k = f/N$ .....(5)

$$\mu_k = \frac{m_2 . g - (m_1 + m_2) a}{m_1 . g} \quad \text{.....(6)}$$

Bila gesekan terjadi pada kondisi statis atau terjadi pada kecepatan konstan maka diperoleh koefisien gesekan statis.

$$\mu_s = \frac{m_2 . g}{m_1 . g}$$

$$= {}^{w}/_{N} \quad \text{.....(7)}$$

1.7.2. Verifikasi Alat Uji Gesekan

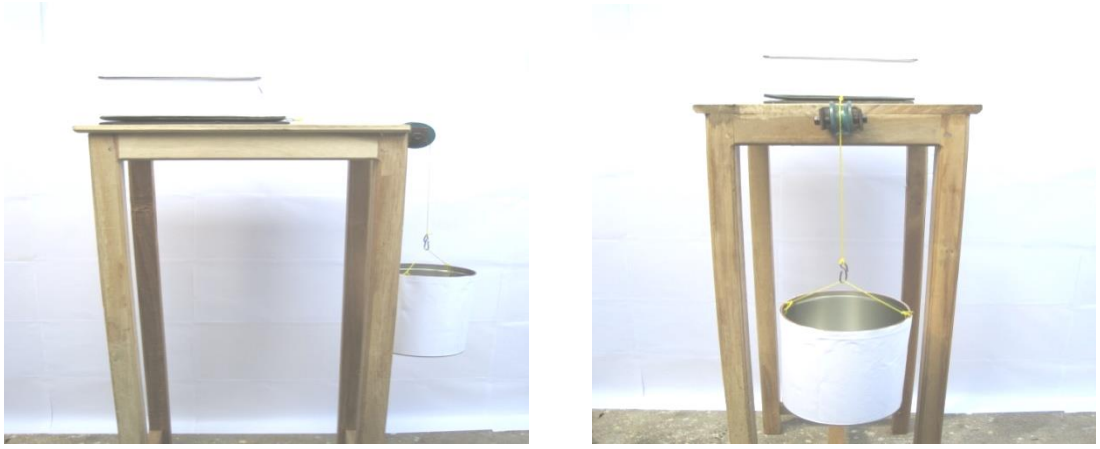
Untuk mengetahui koefisien gesekan antara kompon rol dan padi, maka dilakukan desain dan rancang bangun alat uji gesek. Koefisien gesekan statik dan kinetik untuk padi belum diteliti secara komprehensif terlebih lagi untuk varietas-varietas padi pada wilayah tanam pasang surut.

Komponen-komponen utama alat pengujian koefisien gesek adalah sebagai berikut :

a. Meja dan rangka
b. Bejana pemberat gaya normal
c. Bandul pemberat
d. Pulli
e. Sampel kompon karet
f. Timbangan

Konstruksi dari alat uji gesek ditunjukkan pada Gambar 10, yang digunakan untuk mendapatkan gaya normal dan bandul pemberat adalah media pasir.

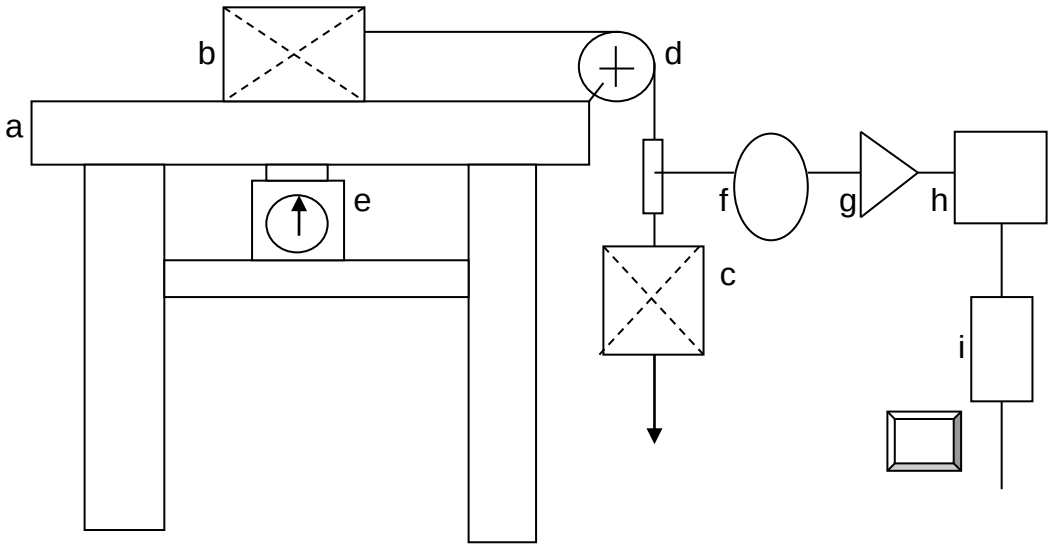
Alasan pemilihan pasir sebagai pemberat adalah dikarenakan pasir bisa ditambahkan secara kontinyu.



(a) (b)

Gambar 10
Alat Uji Koefisien d (a) Tampak depan, (b) Tampak samping
(chandra, 2010)

Verifikasi dan pengembangan alat pengujian koefisien gesek dan gaya gesek untuk kebutuhan teknik khususnya koefisien gesek padi dan produk pertanian terus dikembangkan kearah verifikasi alat, kalibrasi ke arah yang berbasis mekanika elektronika (mekatronika) seperti yang ditunjukkan pada pada Gambar 11.



w = m.g j

Gambar 11. Pengembangan rancang bangun alat uji gesekan, (Chandra, 2010)

Komponen-komponen utama alat pengujian koefisien gesek yang dikembangkan adalah sebagai berikut :

a. Meja dan rangka
b. Bejana pemberat gaya normal
c. Bandul pemberat
d. Pulli
e. Timbangan
f. Sensor berat
g. Penguat
h. Analog digital converter (ADC)
i. Interface/ antar muka
j. Hardware (CPU + monitor) + software

Sensor yang dibutuhkan dalam peralatan ini adalah sensor berat/gaya yang berfungsi sebagai pengatur secara elektronik. Sensor ini berfungsi mengubah besaran fisik menjadi besaran listrik yang proporsional. Sensor untuk pengukuran gaya/berat yang digunakan dalam eksperimen ini adalah *strain gauge*/pita tarik. *Starin gauge* mengubah suatu pergeseran mekanis menjadi perubahan tahanan. *Starin gauge* terbuat dari kawat tahanan berdiameter kecil berupa foil-foil kawat. Tahanan dari foil kawat logam ini berubah terhadap pergeseran jika mengalami

tarikan. Perubahan tahanan ini sebanding dengan regangan yang diberikan dan diukur dengan sebuah jembatan *wheatstone* yang dipakai secara khusus. (Richard *et al.,* 1995). Sistem pengkonversi resistansi menjadi tegangan dilakukan pada suatu rangkaian jembatan *wheatstone* yang terdiri atas dua buah pembagi tegangan R1/R2 dan R3/Rsg yang dihubungkan secara paralelpada sumber arus. Resistor-resistor R1, R2, dan R3 dipilih yang sama resistansinya dengan Rsg dari strain gauge. Kemudian rangkaian tersebut dihubungkan dengan suatu galvanometer. Galvanometer berfungsi untuk mengetahui apakah rangkaian dalam keadaan sama antara resistan yang satu dengan lainnya. Dengan keadaan yang sama tersebut maka rangkaian siap dipergunakan untuk melakukan pengukuran.

Rangkaian instrumentasi pengukuran dihubungkan dengan penguat (*operational amplifier*) yang menghasilkan sinyal-sinyal input dan output. Tipe dan jenis penguat yang biasa dipakai dalam suatu rangkaian instrument elektronik Kemudian barulah dihubungkan dengan sebuah konverter analog digital dipergunakan untuk mengubah besaran analog menjadi besaran digital.

Interface atau antar muka adalah rangkaian yang bertugas untuk menyesuaikan piranti peripheral dengan computer, karena besarnya tegangan, arus dan daya piranti peripheral kebanyakan tidak sesuai dengan yang ada dengan komputer, terutama karena kecepatan pengolahannya sangat berbeda dengan komputer. Oleh karena itu besaran-besaran ini harus disesuaikan dengan bantuan *interface*. *Interface* yang digunakan sudah dinormalisasi atau distandarkan oleh oleh produsen *interface*. Standar yang paling terkenal adalah *interface* V-24 dengan tipe RS- 232 D.

Rangkaian terakhir adalah *hardware* berupa komputer untuk memposes atau mengolah data hasil pengukuran. Komputer berperan sebagai mesin pengolah sinyal control analogyang telah diproses menjadi sistem control digital melalui suatu perangkat antar muka. Agar supaya hasil pengukuran dapat ditampilkan pada suatu layar monitor, maka perlu diaplikasikan dengan suatu program berupa perangkat lunak/*software.* Perangkat lunak ini akan membantu di dalam menampilkan hasil pengukuran secara visual melalui suatu *display* CRT, agar dapat dianalisa lebih lanjut.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Sifat Fisik dan kimia Sampel Padi

Padi yang dipilih dalam penelitian ini terdiri dari varietas Cisadane, varietas Ciherang, dan varietas IR42 yang masing-masing memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda-beda. Ketiga varietas tersebut diperoleh dari wilayah tanam pasang surut Sumatera Selatan.

Analisis sampel padi yang dilakukan terdiri dari pengukuran dimensi/ukuran butir padi, pemeriksaan retak dan patah, pengujian kekerasan, serta pemeriksaan sifat fisik padi.

1. Analisis Ukuran Butir Padi

Pengukuran ukuran butir padi dilakukan dengan mengukur panjang dan tebal padi. Sampel yang digunakan, yaitu varietas Cisadane, varietas Ciherang, dan varietas IR42. Pemeriksaan dilakukan dengan menggunakan mikrometer sekrup. Pengukuran dilakukan sebanyak sepuluh kali untuk mengurangi kesalahan dan untuk mengantisipasi faktor kaliberasi alat. Hasil pengukuran menunjukkan ukuran panjang butir varietas padi Cisadane rata-rata adalah 7,45 mm dan tebal rata-rata adalah 2,98 mm. Hasil pengukuran selengkapnya ditunjukkan pada Lampiran 3.

Data untuk pemeriksaan ukuran butir untuk sampel varietas padi Ciherang, dengan menggunakan alat ukur yang sama seperti pengukuran sebelumnya. Pengukuran panjang pada varietas Ciherang rata-rata adalah 9,68 mm dan tebal rata-rata adalah 2,79 mm. Hasil pengukuran selengkap dapat dilihat pada Lampiran

3. Data hasil pemeriksaan ukuran butir untuk sampel varietas padi IR 42, dengan menggunakan alat ukur yang sama seperti pengukuran sebelumnya. Pengukuran panjang pada varietas IR 42 rata-rata adalah 8,63 mm dan tebal rata-rata adalah 2,73 mm. Hasil pengukuran selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Berdasarkan hasil pengukuran panjang dan tebal padi untuk ketiga varietas di atas ukuran butir varietas IR 42 lebih pendek dan ramping, diikuti oleh varietas Cisadane yang lebih panjang dan lebih tebal dari IR 42. Namun dari ketiga varietas ini, varietas Ciherang yang terpanjang. Perbedaan dimensi varietas dari aspek panjang dan tebal akan mempengaruhi luas permukaan kontak antara kompon rol dan permukaan padi dalam proses penggilingan.

Menurut teori mekanika bahwa padi yang memiliki ukuran lebih panjang dan ramping memiliki kecendrungan ketahanan patahnya lebih rendah dibandingkan dengan padi yang lebih pendek dan ukuran sedang. Hal ini dikarenakan setiap varietas memiliki ukuran yang bermacam ragam sesuai dengan wilayah tanam. Varietas dengan ukuran yang lebih panjang dan ramping lebih rentan terhadap beban lentur, karena ukuran varietas jenis ini memiliki luas penampang lebih kecil. (Siebenmorgen *et al.,* 2005).

Damardjati (2004), mengemukakan menurut hasil pengukuran terhadap 257 varietas padi oleh balai penelitian tanaman pangan dan padi dari berbagai daerah, bahwa ukuran butir beras di Indonesia adalah sedang sampai panjang dengan rata-rata 6-7 mm dengan perbandingan panjang dan tebal 2,2 : 3,2. Pernyataan di atas mendukung hasil pengukuran yang dilakukan. Namun ditemukan ukuran 5,2 minimum dan ukuran yang lebih panjang seperti varietas Ciherang dengan panjang 9,68 mm Perubahan-perubahan ukuran gabah dikarenakan munculnya teknologi

baru yang berkembang dengan varietas unggul dengan ukuran yang lebih panjang dan relatif tebal.

2. Analisis Retak dan Patah Sampel Padi

Pengukuran persentase sampel padi bertujuan untuk mengetahui seberapa besar persentase butir padi yang utuh dan yang retak atau patah sebelum dilakukan proses penggilingan. Setelah dilakukan pengukuran untuk semua varietas terhadap 100 g sampel, dan setelah pemisahan untuk varietas Cisadane yang utuh adalah 76,3 g varietas Ciherang 73,4 g dan varietas IR42 adalah 56,9 g. Hasil pemeriksaan selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil pemeriksaan terlihat bahwa fraksi gabah yang utuh sebelum digiling untuk varietas Cisadane adalah yang terbanyak yaitu 76,3 g artinya fraksi yang patah sebanyak 23,7 g sebelum digiling. Demikian juga untuk varietas Ciherang, gabah yang utuh sebanyak 73,4 g dengan fraksi yang patah sebanyak 26,6 g dan untuk varietas IR 42 dengan fraksi yang utuh 56,9 dengan fraksi yang patah sebanyak 43,1 g. Hasil untuk ketiga varietas ini terlihat bahwa varietas Cisadane yang terbaik dari varietas Ciherang dan IR 42. Hal ini dikarenakan ketebalan varietas Cisadane adalah yang tertinggi yaitu 2,98 diikuti varietas Ciherang 2,79 m dan IR 42 setebal 2,73 mm.

Siebenmorgen *et al*., (2005) mengemukakan bahwa gaya patah pada gabah pada pengujian lentur tiga titik dipengaruhi oleh dimensi gabah. Semakin tebal gaabah semakin tinggi gaya patah. Pernyataan ini mendukung hasil pemerikasaan yang dilakukan. Gabah yang patah sebelum penggilingan disebabkan oleh perlakuan-perlakuan pascapanen sebelum proses penggilingan seperti pola perontokan, pengeringan, penyimpanan dan sebagainya, yang disebut dengan patah alami.

Data dari hasil pengukuran sampel gabah selanjutnya akan dibandingkan dengan data sampel yang diperoleh dari proses penggilingan. Tujuan dari pengukuran adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh proses penggilingan terhadap hasil gilingan. Grafik data dari pemeriksaan persentase sampel dapat dilihat pada Lampiran 6.

3. Analisis Kekerasan Padi

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *LFRA Texture Analyzer* dengan probe jarum baja tahan karat. Beban yang digunakan 50 g_f, ke dalaman penekanan 1,0 mm dan kecepatan penekanan 10 mm/s. Pada masing-masing sampel dilakukan pengujian kekerasan sebanyak sepuluh kali. perbandingan kekerasan antara setiap butir dapat terlihat jelas pada kurva kekerasan.

Hasil pemeriksaan nilai kekerasan untuk nilai kekerasan pada varietas Cisadane rata-rata adalah 548,26 g_f, sedangkan untuk varietas Ciherang adalah 784,84 g_f, dan untuk varietas IR42 adalah 681,99 g_f. Hasil pengukuran nilai kekerasan pada varietas Cisadane, Ciherang dan IR42 selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian kekerasan pada 3 sampel padi yang digunakan, maka terlihat bahwa nilai kekerasan yang paling rendah adalah Cisadane yaitu 548,26 g_f. Sedangkan nilai kekerasan paling tinggi adalah padi Ciherang yaitu 784,84 g_f. Padi IR42 mempunyai nilai kekerasan yang menengah diantara ketiga jenis sampel ini yaitu 681,99 g_f. Nilai kekerasan untuk ketiga varietas tersebut dipengaruhi oleh ketebalan gabah terutama ketebalan bagian *pericarp* atau kulit gabah.

B. Analisis Sifat Fisik dan kimia Kompon Rol

Sifat fisik kompon rol dapat ditunjukkan dalam bentuk komposisi kimia yang tersusun dalam kompon rol seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4. Komposisi utama dari kompon rol adalah *Styrene butadiene rubber* (SBR) yang ditambahkan dengan karet alam serta unsur-unsur penambah lainnya. Unsur-unsur penambah lainnya berupa seng oksida, asam stearat, bahan antioksidant, perekat, belerang dan lain-lain dalam jumlah yang kecil. Komposisi tersebut disusun berdasarkan standar Nasional Indonesia (SNI 7417, 2008) yang telah dibakukan pada tahun 2008.

Sifat mekanik kompon rol ditunjukkan pada Tabel 5 menurut Standar nasional Indonesia (SNI). Sifat mekanik kompon rol berupa tegangan putus, elongasi, ketahanan kikis, dan kekerasan yang telah direkomendasikan sesuai dengan pemakaian untuk kompon rol.

1. Hasil Pengujian Ketahanan Kikis

Pengujian ketahanan kikis dilakukan dengan menggunakan alat *Akron Abrasion Tester*. Spesimen yang digunakan diambil dari potongan rol karet yang dibentuk sesuai standar pengujian. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan data ketahanan kikis yaitu 1,5 mm^3/kg_m.

Ketahanan kikis merupakan salah satu sifat mekanis kompon rol yang direkomendasikan oleh standar Nasional Indonesia (SNI 7417, 2008). Ketahanan kikis berhubungan erat dengan kekerasan kompon rol. Semakin tinggi nilai ketahanan kikis kompon rol, maka semakin keras kompon rol. SNI 7417 (2008) merekomendasi nilai ketahanan kikis untuk kegunaan kompon rol adalah maksimum

1,7 mm^3/kg_m. Hasil pengujian ketahanan kikis masih termasuk dalam interval yang distandarkan oleh SNI.

2. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen yang didapat dari rol karet yang dipotong kemudian dibentuk sesuai spesimen menurut standar pengujian. Hasil pengujian didapat bahwa nilai kekerasan rol karet rata-rata adalah 92 Shore A dan kompon rol yang dibuat di PT Sarana Mustika Surabaya nilai kekerasan rata-rata adalah 85 Shore A sebagai pembanding Niilai kekerasan dan grafik uji kekerasn kompon rol karet hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran 8. Nilai kekerasan kompon rol yang digunakan yaitu 92 Shore A masih di dalam nilai yang disarankan oleh SNI (SNI 7417, 2008) yaitu berkisar antara 90 ± 5 Shore A. Kompon rol yang dirancang di PT Sarana Mustika Surabaya dibuat dengan kekerasan di bawah nilai kekerasan yang digunakan oleh mesin penggiling yang dikomersilkan yaitu 85 Shore A. Kompon rol ini dibuat untuk sebagai pembanding terhadap kompon rol yang sudah ada. Nilai kekerasan kompon rol ini digunakan di dalam analisis gaya gesek yang lebih detil dengan pembahasan antara kompon rol dan padi pada bagian D berikutnya.

C. Analisis Karakteristik Retak dan Patah pada Beras Pecah Kulit Hasil Penggilingan

Penggilingan padi dilakukan dengan menggunakan mesin penggiling dengan merek dagang *Satake Rice Machine* dengan kapasitas skala laboratorium yaitu 1000 gram gabah kering giling. gabah yang digiling sebanyak 100 g dengan kadar air 14%. Setelah dilakukan penggilingan, selanjutnya sampel dilakukan pemisahan antara yang utuh dan yang patah. Hasil penggilingan dan grafik uji penggilingan padi

antara jenis sampel yang digiling dan berat sampel sebelum digiling dan yang sesudah digiling selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

4. Padi Varietas Cisadane

Setelah dilakukan uji penggilingan jenis padi Cisadane menunjukkan terjadi nya penurunan hasil gilingan berupa beras yang utuh. Hal ini terlihat jelas pada perbandingan hasil pemisahan persentase padi yang dikupas secara manual dengan hasil uji penggilingan.

Untuk jenis padi Cisadane penurunan jumlah hasil gilingan beras yang utuh mencapai 6 g atau sekitar 9,4% dan ditunjukkan pada Tabel 10. Hasil pengujian sampel yang dikupas secara manual dan menunjukkan jumlah beras yang utuh sebanyak 76,3 g. Setelah proses penggilingan, jumlah beras yang utuh menurun yaitu sebesar 57,8 g. Penurunan beras yang utuh disebabkan oleh belum sesuainya sifat mekanik karet rol dengan sifat fisik padi.

Varietas padi Cisadane memiliki sifat fisik yaitu, panjang padi 7,45 mm tebal 2,98 mm, kekerasan padi 548,26 g_f. Sedangkan sifat mekanik karet rol mempunyai ketahanan kikis 1,5 mm^3/kg_m dan kekerasan 92 Shore A. Hal ini yang menyebabkan penurunan beras yang utuh setelah proses penggilingan. Penurunan persentase beras utuh selama proses penggilingan menunjukkan bahwa sifat mekanik karet rol yang dipakai belum sesuai dengan jenis padi Cisadane.

2. Padi Varietas Ciherang

Untuk jenis padi Ciherang, setelah dilakukan penggilingan terjadi pula penurunan jumlah beras yang utuh. Hal ini juga dapat dilihat pada perbandingan

hasil pemisahan persentase padi yang dikupas secara manual dengan hasil uji penggilingan. Untuk jenis padi Ciherang sifat fisiknya sudah sesuai dengan sifat mekanik karet rol. Dimana sifat mekanik karet rol ketahanan kikis 1,5 mm^3/kg_m, dan kekerasan 92 Shore A. Sedangkan sifat fisik varietas padi Ciherang yaitu panjang padi 9,68 mm tebal 2,79 mm, kekerasan padi 784,84 gf. Jenis padi Ciherang jumlah penurunan hasil gilingan berupa beras yang utuh hanya 2,2 g atau 2,99%. Penurunan jumlah beras yang utuh tersebut dapat dilihat dengan membandingan hasil persentase beras yang dikupas secara manual dengan jumlah beras yang utuh setelah penggilingan. Jumlah beras yang utuh yang dikupas secara manual yaitu 73,4 g dan setelah proses penggilingan jumlah beras yang utuh menurun yaitu tinggal 71,2 g. Berarti karet rol yang dipakai pada saat penggilingan cocok untuk jenis padi ciherang karena penurunan beras yang utuh tidak terlalu banyak.

3. Padi Varietas IR 42

Setelah dilakukan proses penggilingan, untuk padi varietas IR42 penurunan beras yang utuh sangat tinggi yaitu mencapai 29,18%. Hal ini terlihat jelas pada perbandingan hasil persentase pemisahan padi yang dikupas secara manual dengan hasil uji penggilingan.

Dengan membandingkan Tabel 9 dan Tabel 13, hasil pemisahan sampel yang dikupas secara manual jumlah beras yang utuh sebanyak 56,9 g_f, dan setelah digiling jumlah beras yang utuh menurun 16,6 g_f yaitu tinggal 40,3 g_f. Penurunan hasil beras yang utuh ini, karena belum sesuainya sifat mekanik karet rol dengan sifat fisik padi jenis padi IR 42. Sifat mekanik karet rol seperti ketahanan kikis 1,5 mm^3/kg_m, dan kekerasan 92 Shore A. Sedangkan untuk sifat fisik varietas padi IR 42 yaitu untuk

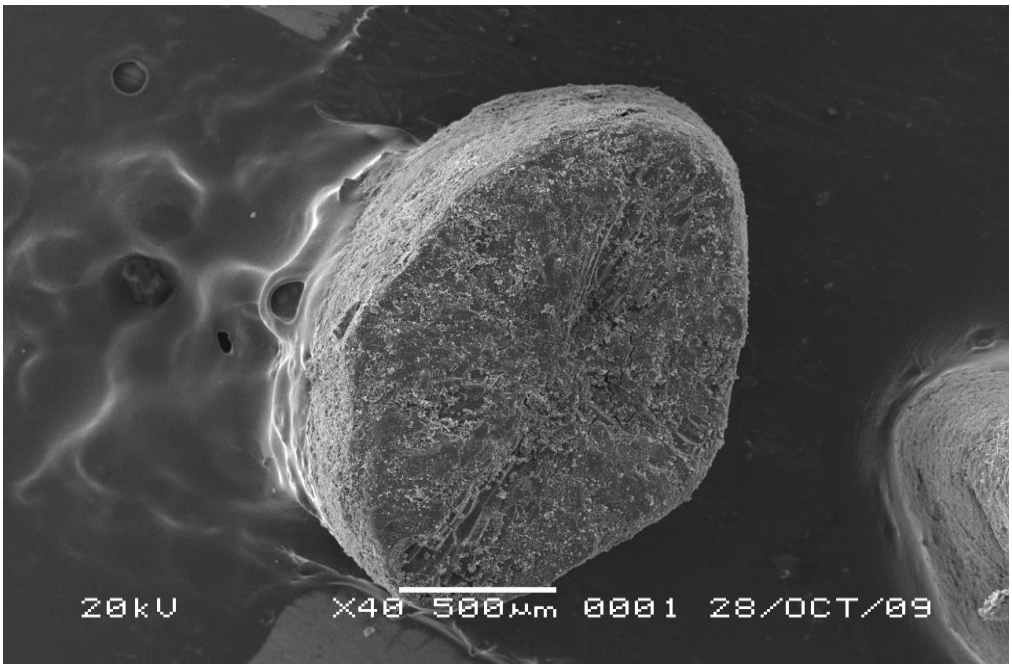
panjang padi 8,83 mm, tebal 2,73 mm, dan kekerasan padi 681,99 g_f. Hal ini menyebabkan penurunan jumlah beras yang utuh setelah proses penggilingan. Kondisi ini berarti varietas padi IR 42 tidak cocok dengan karet rol yang digunakan pada saat penggilingan. Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam proses penggilingan, padi yang digiling harus terkupas dan tidak mengalami patah, maka syarat yang harus dipenuhi adalah F_n (gaya normal) < F_u (gaya patah padi). Jika gaya normal yang diberikan kompon rol melebihi gaya patah padi maka beras pecah kulitnya akan patah atau retak. (Chandra *et al.,* 2009).

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses penggilingan, seperti kadar air, jarak rol, diameter rol, dan kecepatan rol ditetapkan konstan. Dalam penelitian ini kadar air ditetapkan 14%, jarak rol 0,8 mm dan rasio kecepatan tetap sesuai dengan spesifikasi mesin giling. Faktor yang diamati adalah perubahan sifat mekanis kompon rol. Sifat-sifat rol seperti elastisitas, kekerasan, gaya kikis/gesek dan komposisi sangat berperan dalam proses penggilingan. Komposisi material kompon rol yang paling dominan di dalam merubah kekerasan, elatisitas dan gesekan diubah sesuai dengan yang diperlukan untuk setiap varietas, sehingga didapat formula yang tepat untuk setiap varietas. Sehingga diharapkan bila formula tersebut diaplikasikan dalam proses penggilingan akan meningkatkan rendemen beras pecah kulit.

Material rol pada mesin penggiling dilakukan pengukuran beban putus rol, kekerasan, komposisi material karel rol. Demikian juga kekerasan, komposisi padi untuk setiap varietas atau wilayah tanam juga diukur. Kemudian dilakukan penggilingan untuk setiap jenis padi, kemudian dilihat hasil kualitas beras pecah kulit untuk setiap varietas. Jadi dari kondisi awal dari komposisi material rol bisa diubah-ubah komposisinya sehingga menghasilkan hasil giling yang baik. Akhirnya diperoleh

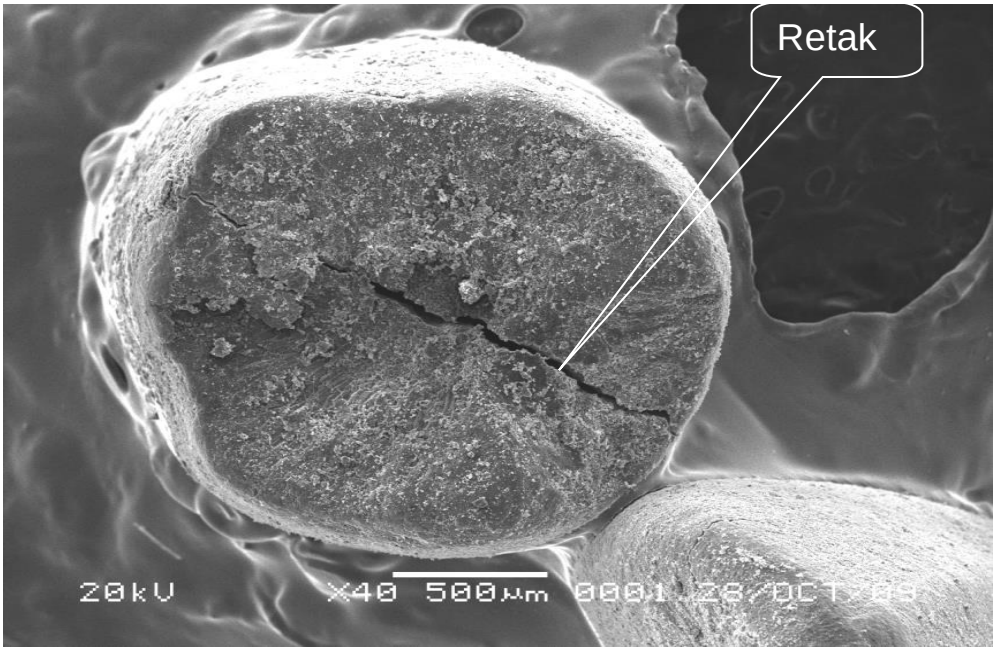
sifat mekanik material karet rol yang cocok untuk setiap varietas padi. Material rol yang sudah ada di pasaran yang digunakan selama ini belum menyesuaikan dengan karakteristik padi. Maka dari itu harus dicari formulasi yang tepat untuk mendapatkan kondisi yang cocok untuk mendapatkan hasil giling yang baik. Kekerasan padi dan karet rol dapat diukur dengan suatu alat ukur. Sedangkan kekerasan dan ketahanan aus rol sangat dipengaruhi oleh komposisi material rol.

Berdasarkan hasil pengamatan dengan menggunakan mikroskop elektron *(scanning electron microscope)* pada permukaan patah dari beras pecah kulit terlihat perbedaan antara permukaan patah akibat patah alami yang terjadi sebelum penggilingan dengan permuakaan patah setelah mengalami proses penggilingan. Tekstur permukaan patah yang terjadi sebelum penggilingan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.

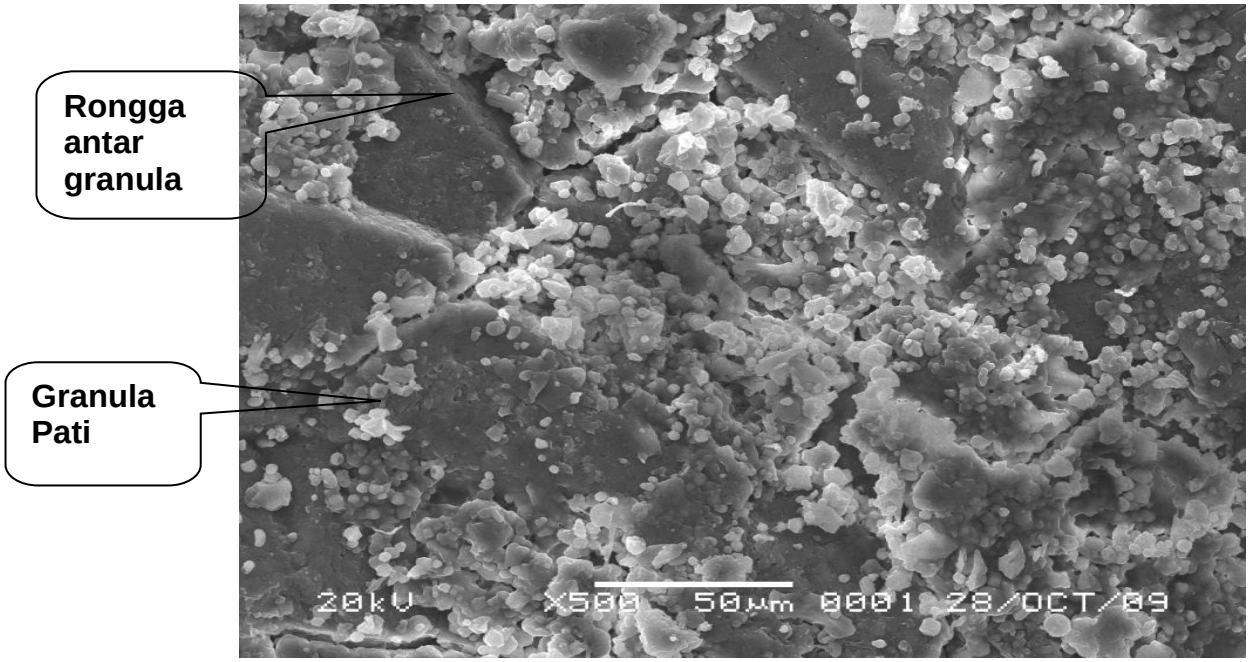


Gambar 13. Karakterisitk retak beras pecah kulit sebelum penggilingan (mikroskop elektron x40), (Chandra *et al.,* 2009)

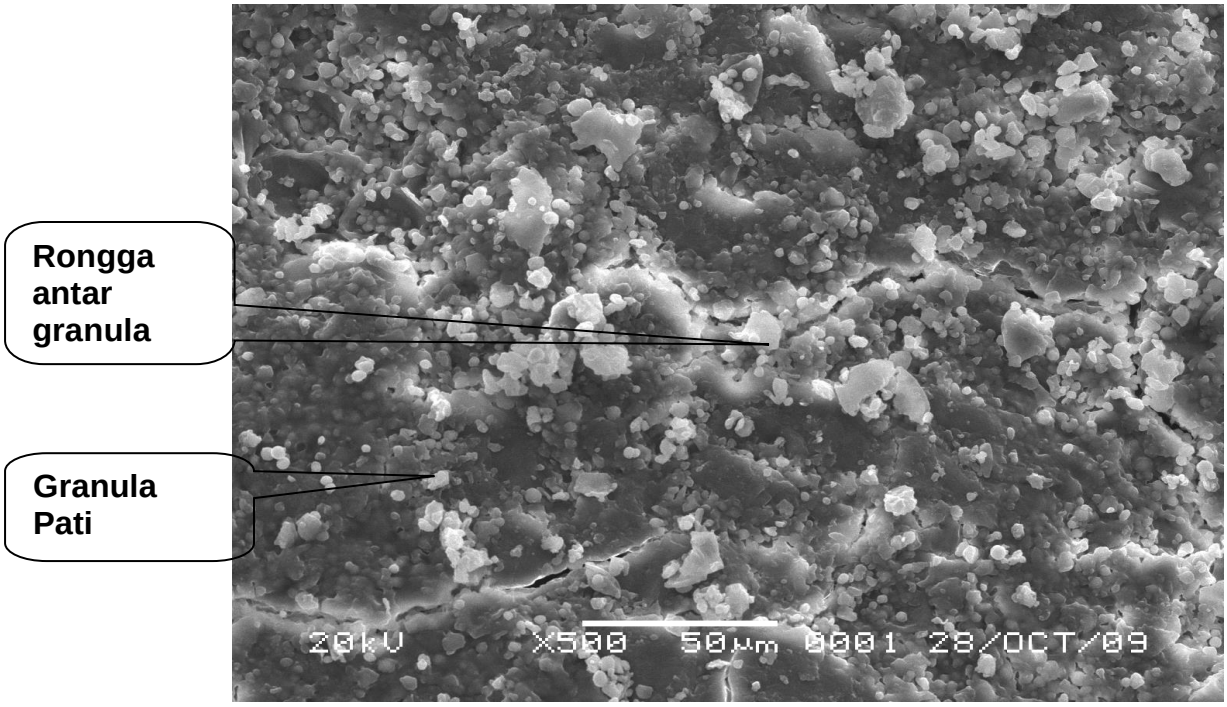
Karakteristik permukaan patah yang disebabkan oleh patah mekanis atau yang disebabkan oleh proses penggilingan terlihat kecenderungan retak bermula dari bagian dalam. Perambatan retak bergerak ke arah luar. Retak berawal pada bagian endosperm dikarenakan pada daerah ini memiliki sifat yang rapuh. Yang terdiri dari susunan granula-granula pati. Sedangkan pada bagian luar atau lapisan *bran* yang mengandung protein dan vitamin lebih bersifat lunak. Oleh karena itu retak bermula pada bagian dalam dan merambat ke bagian luar. Fenomena ini ditunjukkan pada Gambar 14, 15, dan 16.



Gambar 14. Karakterisitk retak beras pecah kulit (mikroskop elektron x40), (Chandra *et al.,* 2009)



Gambar 15. Retak halus pada batas butir endosperm Varietas IR 42 (mikroskop electron x 500), (Chandra *et al.,* 2009}



Gambar 16. Retak halus pada batas butir endosperm varietas Cisadane (mikroskop elektron x 500) (Chandra *et al.,* 2009)

Perilaku retak akibat proses penggilingan perlu ditinjau dari aspek fisik maupun kimiawi. Namun sebelumnya perlu diketahui struktur gabah dan sifatnya. Gabah hasil

penggilingan menghasilkan 18-28 % sekam, 4-5 % dedak, 3 % bekatul, dan 72-82 % beras pecah kulit atau 64-74 % beras sosoh. (Juliano, 1980).

Pada Gambar 15, dan 16 menunjukkan bagian endosperm pati atau subaleuron dengan sel-sel poligonal pati dan protein. Keadaan ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh (Haryadi, 2008).

Pada bagian kariopsis terutama di permukaan yaitu pada bagian auleron dan lembaga banyak mengandung lipida, protein, vitamin, dan mineral. Sebagian besar protein terkandung pada antar granula pati yang berfungsi sebagai pengepakan. Lebih dari 95 % protein terdapat pada endosperm. Bodi protein juga mengisi ruang-ruang antar granula sehingga menjadikan antar granula menjadi kompak.

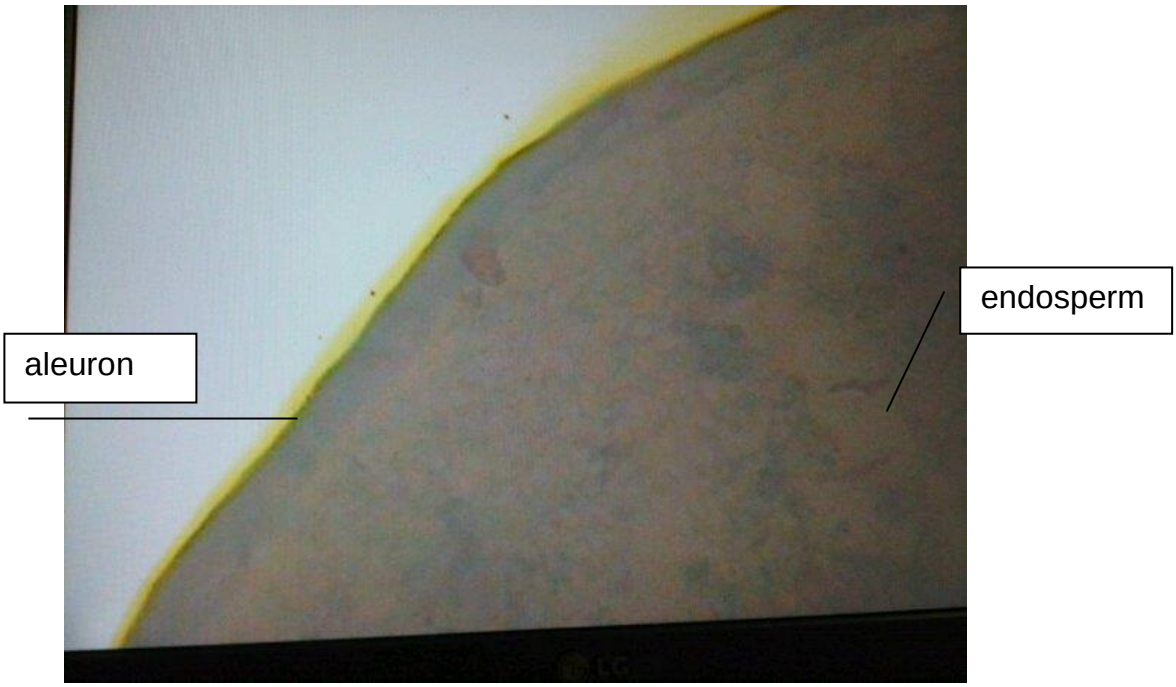
Lipida paling banyak terdapat pada permukaan butir beras pecah kulit dan berfungsi sebagai “bantalan” atau pelindung butir beras ketika ada tekanan penggilingan. Hal ini dikarenakan beras pecah kulit memiliki banyak granula pati sedangkan di bagian luar banyak lipida, maka ketika ada tekanan hanya dalam bentuk retak dan tidak patah seperti ditunjukkan pada foto *scanning electron microscope*/SEM pada Gambar 15 dan 16. Lipida tidak sebanyak karbohidrat dan protein, namun juga sangat penting dan memerikan kontribusi gizi,sensori, dan fungsional. Tambahan lipida juga mempengaruhi kelekatan dan karakteristik fungsi lain di dalam pati (Juliano 1977,1983; Fujino,1978; Morrison,1978). Lipida berbentuk spherosomes/ lipid droplets dengan diameter<1,5 μm pada lapisan aileron, d<1 μm pada lapisan subaleuron, dan <0,7 μm pada lembaga. (Juliano, 1983). Lipida diklasifikasikan menjadi lipida non pati di dalam lapisan auleron dan embrio serta lipida pati (Morisson, 1978).

Chen *et al* (1998) mengemukakan pengaruh kandungan lipida permukaan/ *surface lipid content* (SLC) dan kandungan protein terhadap patahnya beras giling. Varietas gabah dengan kandungan lipida yang tinggi persentase beras patahnya lebih rendah daripada kadar lipida yang rendah. Hal ini dikarenakan lipida berfungsi sebagai “bantalan”, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18. Untuk varietas Cisadane ketahanan patahnya secara kuantitas lebih baik daripada Ciherang dan IR 42. Ketahanan retak untuk varietas Cisadane menjadi lebih baik dan lebih stabil pola retaknya dibandingkan dengan IR 42. Chen *et al.,* (1998) juga mengemukakan bahawa kandungan lipida banyak terdapat pada permukaan butir dan berfungsi didalam menahan beban luar berupa gesekan. Pernyataan ini mendukung bahwa varietas Cisadane memiliki ketangguhan yang paling baik dari varietas IR 42.

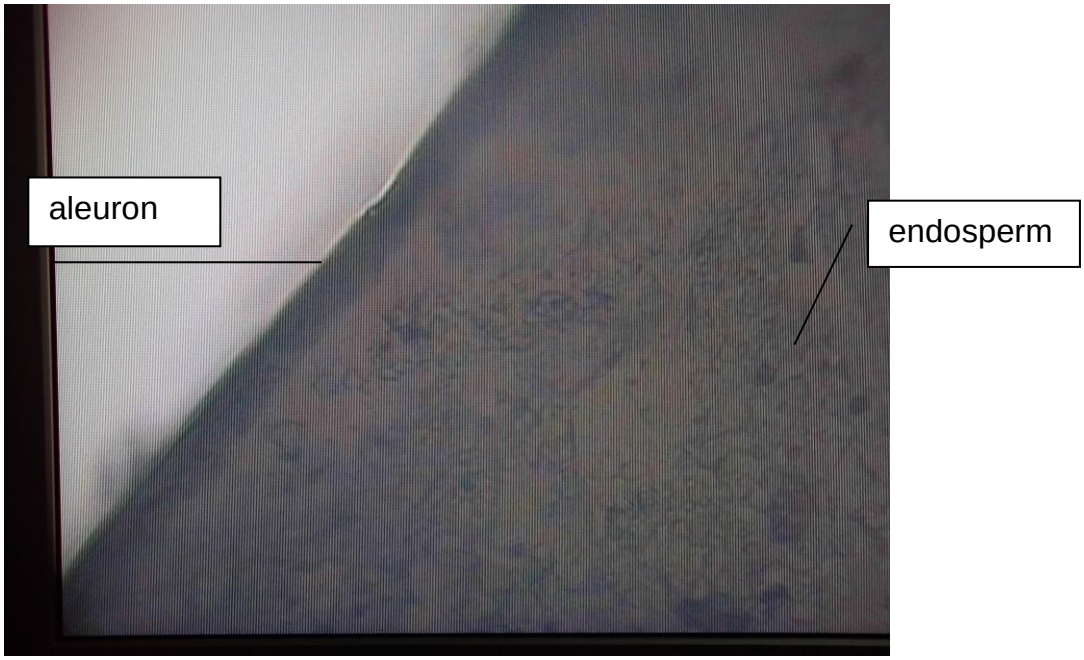
Protein sangat berperan dalam perilaku retak. Kadar protein mempunyai korelasi positif dengan rendemen beras kepala (Haryadi, 2008). Susunan bodi protein yang mengisi antar granula pati mempengaruhi kekompakan sehingga mempengaruhi kekerasan gabah. Makin tinggi kandungan protein maka makin tinggi kekerasan beras, sehingga makin tahan terhadap gesekan selama penggilingan. Dengan demikian bagian endosperm yang terkikis akan lebih sedikit.

Secara kualitatif kadar lemak dan protein pada gabah yang mengalami proses penggilingan sangat mempengaruhi ketahanan retak dari gabah tersebut baik untuk varietas Cisadane, Ciherang dan IR 42. Dari hasil analisis laboratorium secara mikroskopis menunjukkan bahwa ketebalan aleuron yang mengandung lemak dan protein berbeda untuk ketiga varietas. Kandungan lemak dan protein untuk varietas cisadane secara kualitatif lebih tebal daripada Ciherang dan IR 42, diikuti oleh

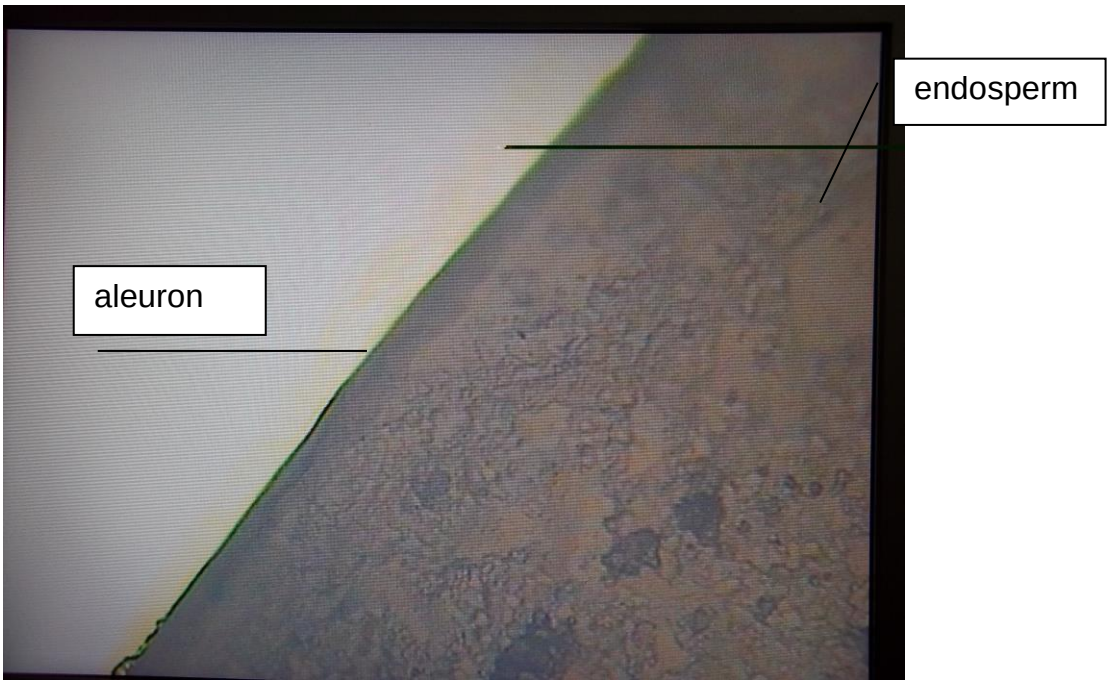
varietas Ciherang dan IR 42. Hasil pemeriksaan mikroskopis ditunjukkan pada Gambar 17, 18, dan 19.



Gambar 17. Pemeriksaan mikroskopis varietas Cisadane (perbesaran 100x) (Chandra *et al*., 2011)



Gambar 18. Pemeriksaan mikroskopis varietas Ciherang (perbesaran 100x) (Chandra *et al*., 2011)



Gambar 17. Pemriksaan mikroskopis varietas IR 42
(perbesaran 100x) (Chandra *et al*., 2011)

Mengamati foto mikroskopis dari ketiga varietas Cisadane, Ciherang dan IR 42, terlihat untuk varietas Cisadane dengan ukuran panjang dan tebal 7,45 mm, 2,98 mm setelah proses penggilingan terdapat 57,8 g gabah yang masih utuh atau mengalami sebanyak 42,2 g gabah yang mengalami patah akibat proses penggilingan. Persentase gabah yang masih utuh lebih sedikit dibaningkan Ciherang 71,2 g dan lebih banyak dari IR 42 sebanyak 40,3 g. Merujuk kepada Gambar 15 bahwa ketebalan lemak dan protein untuk varietas ini secara kualitatif lebih baik dari Ciherang dan IR 42. Hal ini berarti bahwa varietas Cisadane seharusnya yang paling baik dari kedua varietas lainnya dari aspek ketahanan retak dan patah. Namun kenyataan bahwa pada proses penggilingan terlihat varietas Ciherang yang memiliki persentase beras utuh yang paling banyak diikuti oelh varietas Cisadane dan IR 42.

Chen *et al.,* (1998) mengemukan bahwa ketebalan lapisan aleuron yang mengandung lemak dan protein yang tinggi mempengaruhi ketahanan retak dari gabah selama proses penggilingan. Pernyataan ini mendukung hasil pengamatan meskipun juga dipengaruhi luas permukaan kontak permukaan gabah dan kompon rol.

Merujuk kepada luas permukaan kontak antara kompon rol dan gabah, bahwa proses penggilingan adalah usaha melepaskan kulit gabah dengan bagian butir. Hal ini berarti sangat dipengaruhi oleh luas permukaan kontak antara kulit/sekam dengan permukaan butir. Luas permukaan kontak varietas ciherang lebih luas dari kedua varitas Cisadane dan IR 42, dikarenakan panjang varietas Ciherang 9,68 mm, sedangkan varietas Cisadane 7,45 mm dan 8,63 mm untuk IR 42. Pada antar permukaan antara kulit dan butir terdapat asam lemak yang juga mempengaruhi proses pengupasan. Untuk varietas yang memiliki kadar lemak yang tinggi seperti Ciherang dan Cisadane dibandingkan dengan IR 42 daya kupasnya akan lebih baik dikarnakan lemak mempengaruhi proses gesekan kedua permukaan sehingga proses pengupasan terjadi. Luas permukaan kontak gabah dengan rol juga memberikan distribusi gaya normal yang diberikan rol menjadi lebih besar dibandingkan dengan gabah dengan luas permukaan kontak yang kecil.

Hertzian (2006), dengan teori kontak hertzian mengemukakan bahwa distribusi gaya normal yang ditimbulakan pada suatu prose gesekan dipengaruhi oleh luas permukaan kontak. Pernyataan ini mendukung hasil penelitian bahwa untuk gabah dengan luas yang lebih besar yang dipengaruhi oleh panjang dan tebal akan menimbulkan gaya gesek yang lebih besar. Hubungan secara mendetil antara

koefisien gesek dan gaya gesek yang ditimbulkan dibahas lebih jauh bagian D yaitu analisis gaya gesek antara kompon rol dan padi.

D. Analisis Gaya Gesek antara Kompon Rol dan Padi

Pengukuran koefisien gesek, gaya normal gan gaya gesek untuk varietas Cisadane, Ciherang dan IR 42 dilakukan dengan alat pengujian koefisien gesek yang dirancang sebelumnya. Pengujian koefisien gesekan dalam hal ini koefisien gesek statis dengan mengasumsi percepatan dianggap nol atau pada kecepatan konstan. Hal ini sesuai dengan aplikasi didalam proses penggilingan dimana proses penggilingan dilakukan pada putaran dengan kecepatan konstan.

Hasil eksperimen di dalam pengukuran koefisien gesek, gaya normal dan gaya gesek antara padi dan kompon rol ditunjukkan pada Tabel 6, 7, dan 8.

Tabel 6. Koefisien gesek varietas Cisadane

No	Fn (kg)	Fg (kg)	Koef gesek statik (μ_{st})	Kecepatan (v)	Jarak (S)	Waktu (t)	Koef gesek kinetik (μ_k)
1.	1,1320	0,679	0,60	-	-	-	-
2.	1,1320	0,679	0,60	25,0	10	0,40	0,583
3.	1,1320	0,680	0,60	25,6	10	0,39	0,571
4.	1,1320	0,680	0,60	35,7	10	0,28	0,687
5	1,1320	0,680	0,60	41,6	10	0,24	0,668

Pada TabeL 6 di atas terlihat hasil pengujian koefisien gesek statik dan koefisien gesek kinetik untuk padi untuk varietas Cisadane. Nilai koefisien gesek statik rata-rata berkisar 0,60. Nilai koefisien gesek kinetik bervariasi terhadap kecepatan.

Tabel 7. Koefisien gesek varietas Ciherang

No	Fn (kg)	Fg (kg)	Koef gesek Statik (μ_{st})	Kecepatan (v)	Jarak (s)	Waktu (t)	Koef gesek Kinetik (μ_k)
1	,1,136	0,840	0,74	-	-	-	-
2	1,136	0,841	0,74	27,7	10	0,36	0,421
3	1,136	0,841	0,74	45,4	10	0,22	0,400
4	1,136	0,842	0,74	47,6	10	0,21	0,565
5	1,136	0,842	0,74	50,0	10	0,20	0,658

Pada Tabel 7 di atas terlihat hasil pengujian koefisien gesek statik dan koefisien gesek kinetik untuk padi untuk varietas Cisadane. Nilai koefisien gesek statik rata-rata berkisar 0,74.

Tabel 8. Koefisien gesekan varietas IR 42

No	Fn (kg)	Fg (kg)	Koef gesek Statik (μ_{st})	Kecepatan (v)	Jarak (s)	Waktu (t)	Koef gesek Kinetik (μ_k)
1	1,139	0,797	0,70	-	-	-	-
2	1,139	0,797	0,70	50,0	10	0,20	0,500
3	1,139	0,797	0,70	52,6	10	0,19	0,562
4	1.139	0,799	0,70	50,0	10	0,20	0,611
5	1,139	0,799	0,70	52,6	10	0,19	0,650

Pada Tabel 8 di atas terlihat hasil pengujian koefisien gesek statik dan koefisien gesek kinetik untuk padi untuk varietas Cisadane. Nilai koefisien gesek statik rata-rata berkisar 0,70.

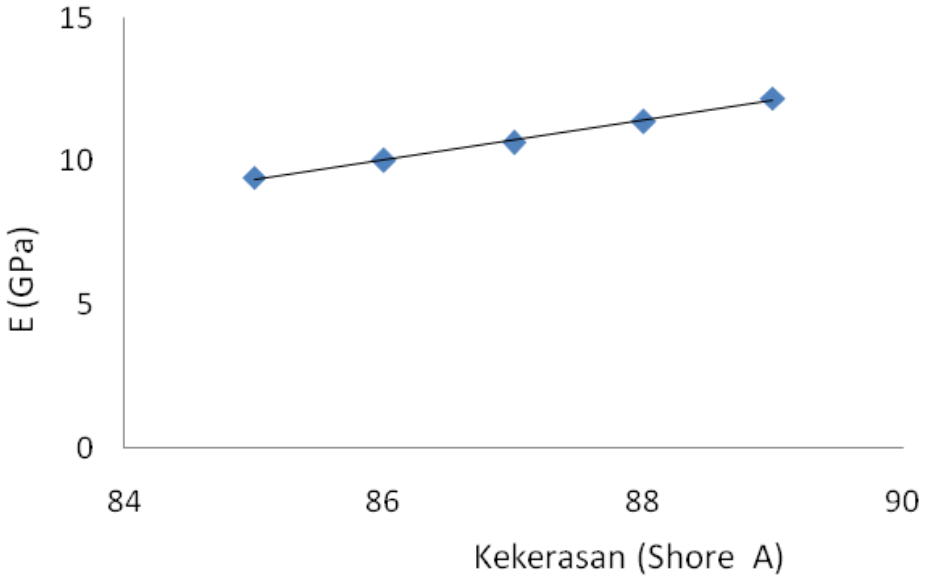
Nilai koefisien gesek untuk ketiga varietas yaitu varietas Cisadane, Ciherang, dan IR 42 terlihat bervariasi. Hasil pengukuran menunjukan koefisien gesekan untuk varietas IR 42 terlihat bernilai paling tinggi, diikuti oleh varietas Ciherang dan Cisadane. Nilai koefisien gesek untuk ketiga varietas bila dibandingkan berbeda-beda, dimana nilai koefisien gesek static untuk varietas Ciherang lebih tinggi yaitu 0,74, diikuti oleh nilai koefisien gesek IR 42 dan Cisadane masing-masing 0,70 dan 0,60.

Stavroulaki and Stavroulakis (2002), mengemukakan bahwa nilai koefisien gesek dipengaruhi oleh luas permukaaan gesek dan kecepatan. Pernyataan ini menunjang hasil eksperimen bahwa nilai koefisien gabah dengan luas permukaan yang lebih luas bernilai tinggi seperti yang ditunjukkan pada varietas Ciherang dengan ukuran yang terpanjang memberikan nilai koefisien yang paling tinggi diikuti oleh koefisien gesek untuk IR 42 dan Cisadane dengan nilai 0,70 dan 0,60. Nilai ini juga sesuai dengan luas permukaan kontaknya, dimana panjang gabah IR 42 adalah 8,63 mm dan Cisadane 7,45 mm.

E. Analisis hubungan gesekan antara kompon rol dan padi

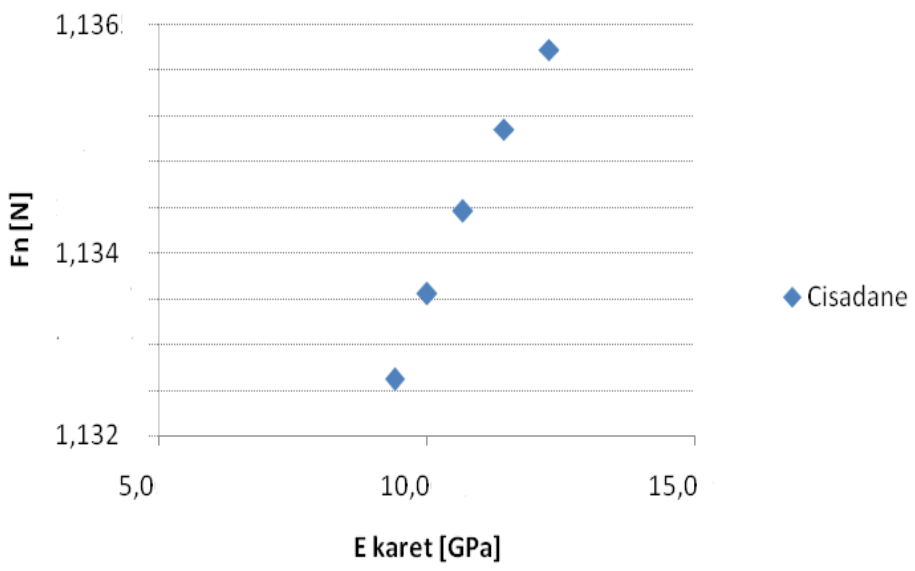
Hubungan gesekan antara kompon rol dan padi dapat ditunjukkan pada Tabel 9. Dalam proses penggilingan hasil dari produk giling sangat dipengaruhi oleh banyak parameter seperti gaya gesek, kekerasan rol, modulus elastisitas, komposisi kompon rol, gaya normal, kekerasan padi, dimensi padi, kandungan air padi dan lain-lain. Namun beberapa parameter dalam hal ini ditetapkan konstan seperti kondisi mesin penggiling seperti (putaran, daya mesin, jarak rol), kadar air, perlakuan-perlakuan pascapanen seperti pola perontokan, penyimpanan, pengeringan dan wilayah tanam yang sama yaitu wilayah pasang surut. Gaya gesek merupakan fungsi dari gaya normal, modulus elastisitas yang diberikan oleh kompon rol ke permukaan padi. Gaya normal yang bekerja pada permukaan padi dipengaruhi oleh sifat kimiawi dan mekanik dari kompon rol. Sifat kimiawi kompon rol tergantung dari komposisi yang terkandung di dalam kompon rol, sedangkan sifat mekanis/ fisik tergantung dari modulus elastisitas dari kompon rol. Perubahan sifat kimiawi akan mempengaruhi kekerasn kompon rol. Demikian juga perubahan sifat mekanik seperti modulus

elastisitas juga dipengaruhi oleh kekerasan (Gent, 1958). Hubungan antara modulus elastisitas (E) dan kekerasan kompon rol untuk beberapa tingkatan kekerasan ditunjukkan pada Gambar 17. Nilai dari modulus elastisitas meningkat dengan meningkatnya nilai kekerasan kompon rol.

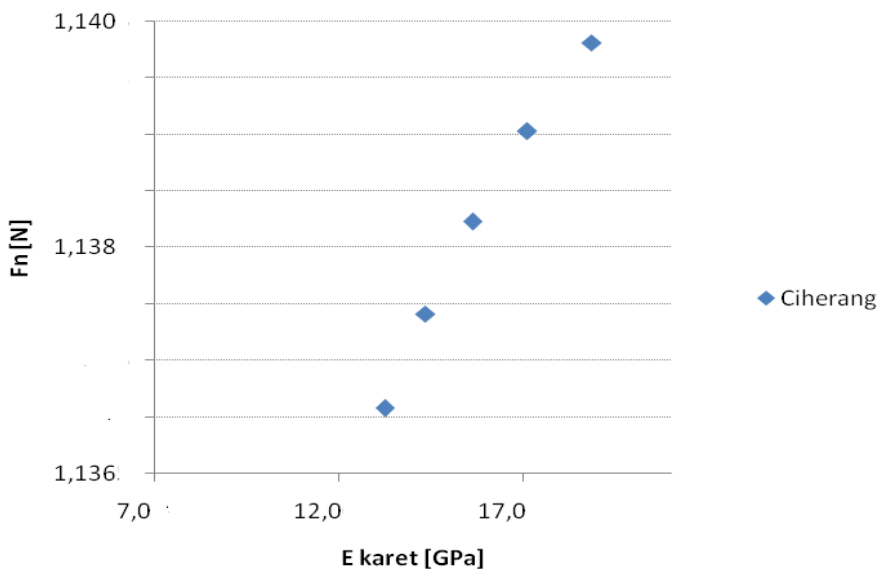


Gambar 17. Kurva hubungan antara E (modulus elastisitas) dan kekerasan kompon (Chandra *et al.,*2011).

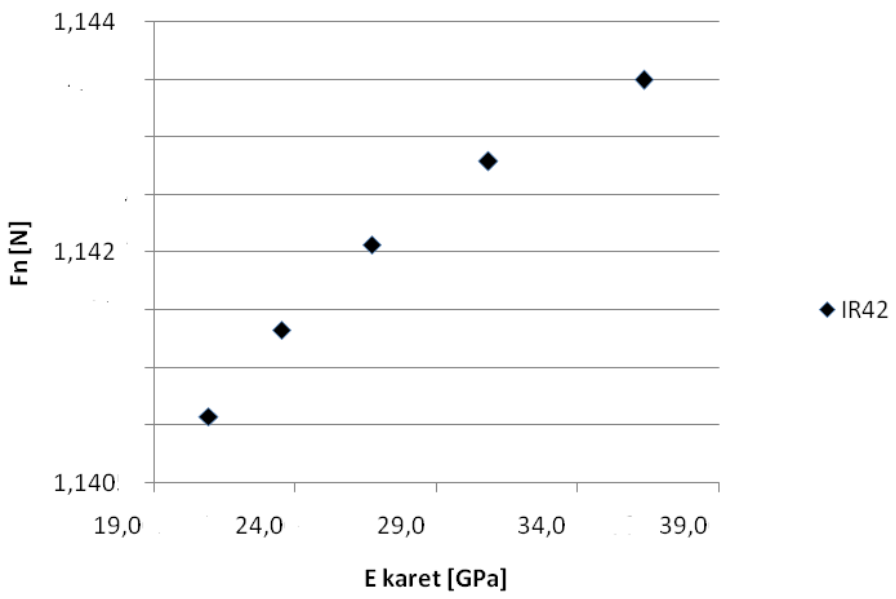
Hubungan gaya normal dan modulus elastisitas ditunjukkan pada Gambar 18, 19 dan 20 untuk masing-masing varietas Cisadane, Ciherang, dan IR 42. Hubungan ini ditunjukan dengan persamaan 1 dan 2 yang dikembangkan oleh Hertzian, bahwa Gaya normal yang ditimbulkan oleh dua buah benda yang kontak satu sama lain mrupakan fungsi dari modulus elatisitas dan poisson ratio untuk masing-masing dari benda tersebut dalam hal ini gabah dan kompon rol. (Hertzian, 2006).



Gambar 18. Hubungan Fn dan E untuk varietas Cisadane



Gambar 19. Hubungan Fn dan E untuk varietas Ciherang



Gambar 20. Hubungan Fn dan E untuk varietas IR 42

Berdasarkan kurva pada Gambar 18, 19, dan 20 menunjukkan hubungan antara gaya tekan yang diberikan oleh kompon rol sangat tergantung kepada sifat mekanis bahan kompon rol. Sedangkan sifat mekanis kompon rol juga dipengaruhi oleh sifat kimiawi dari kompon rol. Sifat mekanis yang sangat berpengaruh adalah Modulus elastisitas (E). Modulus elastisitas dipengaruhi oleh komposisi bahan dari kompon rol.

Gent (1958), mengemukakan hubungan modulus elastisitas dan kekerasan bahan kompon rol, bahwa semakin tinggi kekerasan kompon rol, maka modulus elastisitas semakin tinggi. Kekerasan kompon rol dipengaruhi oleh komposisi yang terkandung seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4 dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). Beberapa komposisi yang mempengaruhi kekerasan kompon rol seperti kadar silika, seng oksida, kadar karet alam dan unsur-unsur penambah lainnya. (SNI,

2008). Pernyataan ini mendukung bahwa besarnya gaya normal atau gaya tekan kompon rol tergandung sifat fisik dan mekanis dari kompon rol tersebut.

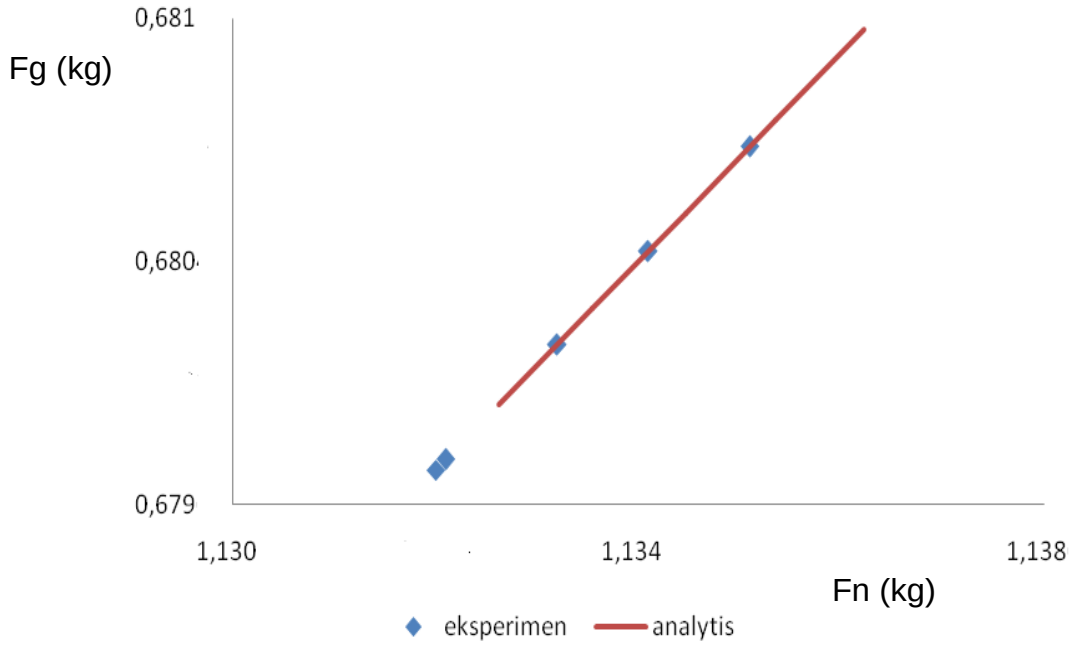
Tabel 9. Hasil Pengujian Teoritis dan Eksperimen

Varietas	Percobaan				Formulasi (HERTZ THEORY)								
	Propertis	μ_s	Fn (kg)	Fg (kg)	Fn	Fg	Roll Propertis						
							Hardness	Δ	E karet	E padi	V karet	V padi	F
Cisadane	Size : Share A : 85 Amilosa : 20% K. Air : 14% Panjang : 7,45 mm	0,6000	1,1320	0,6792	1,1326	0,6796	80,0000	0,8600	9,3925	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,6000	1,1321	0,6793	1,1336	0,6801	81,0000	0,8600	10,0001	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,6000	1,1332	0,6799	1,1345	0,6807	82,0000	0,8600	10,6752	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,6000	1,1341	0,6805	1,1354	0,6812	83,0000	0,8600	11,4297	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,6000	1,1351	0,6811	1,1362	0,6817	84,0000	0,8600	12,2786	2,5000	0,4990	0,2000	3
Ciherang	Size : Share A : 85 Amilosa : 23% K. Air : 14% Panjang : 9,68 mm	0,7400	1,1360	0,8406	1,1371	0,8414	85,0000	0,8600	13,2406	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,7400	1,1365	0,8410	1,1379	0,8421	86,0000	0,8600	14,3400	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,7400	1,1374	0,8417	1,1387	0,8427	87,0000	0,8600	15,6086	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,7400	1,1382	0,8423	1,1395	0,8433	88,0000	0,8600	17,0886	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,7400	1,1391	0,8429	1,1403	0,8438	89,0000	0,8600	18,8377	2,5000	0,4990	0,2000	3
IR42	Size : Share A : 85 Amilosa : 27% K. Air : 14% Panjang : 8,63 mm	0,7000	1,1389	0,7972	1,1411	0,7988	90,0000	0,8600	20,9366	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,7000	1,1390	0,7973	1,1418	0,7993	91,0000	0,8600	23,5019	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,7000	1,1399	0,7979	1,1426	0,7998	92,0000	0,8600	26,7086	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,7000	1,1415	0,7991	1,1433	0,8003	93,0000	0,8600	30,8315	2,5000	0,4990	0,2000	3
		0,7000	1,1420	0,7994	1,1440	0,8008	94,0000	0,8600	36,3287	2,5000	0,4990	0,2000	3

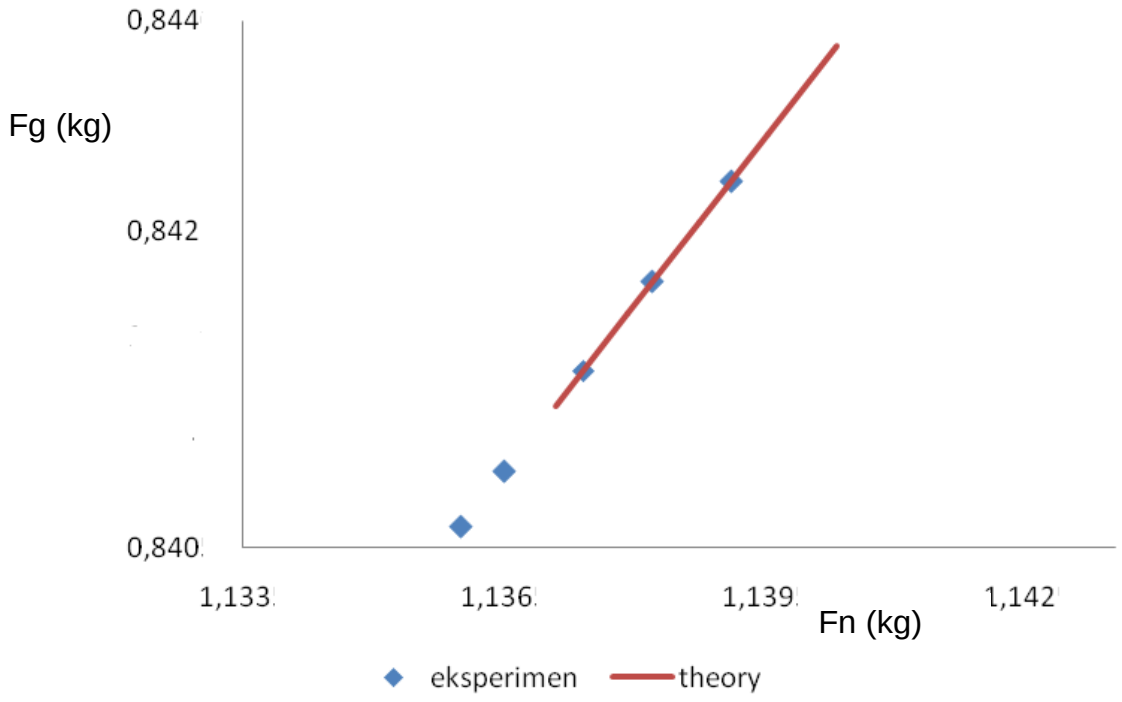
Hubungan antara gaya gesek dan gaya normal dari kompon rol untuk ketiga varietas yang diterangkan pada Tabel 9. Gaya gesek merupakan fungsi dari gaya normal, sedangkan koefisien gesek konstan diperoleh dari hasil percobaan dengan merancang dan mendesain alat pengujian koefisien gesek.

Gaya normal dari kompon rol dipengaruhi oleh sifat dari kompon rol. Semakin keras kompon rol maka semakin besar gaya normal. Sebaliknya semakin lunak kompon rol maka gaya tekan/gaya normal akan semakin rendah. Dampak dari kekerasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan padi menjadi retak/patah. Sebaliknya kekerasan yang terlalu rendah akan menyebabkan padi tidak terkupas sempurna. Hal ini berarti dapat mempengaruhi rendemen beras pecah kulit. Oleh karena penentuan jenis kompon sangat berpengaruh selama proses penggilingan. Karena padi memiliki sifat fisik dan kimia yang bermacam ragam maka perlu dianalisis sifat fisik kompon rol yang dapat mengakomodasi padi yang akan digiling.

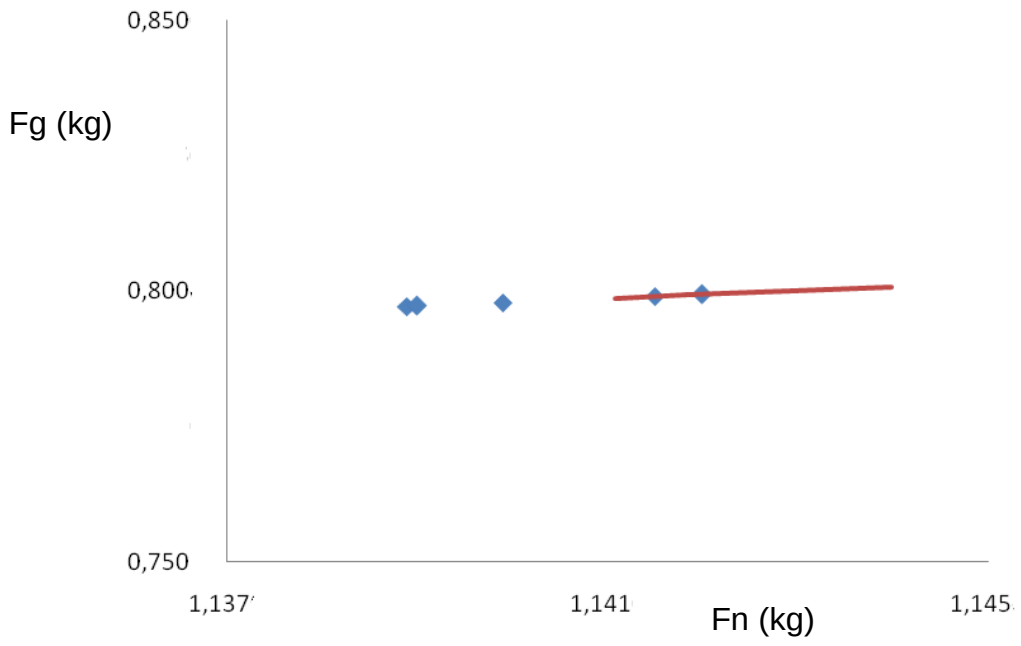
Gaya gesel yang dibutuhkan untuk proses pengupasan gabah untuk setiap varietas gabah yang diteliti menunjukan nilai yang berbeda-beda. Hal ini dikarenakan ketiga varietas yang diteliti yaotu Cisadane, Ciherang dan IR 2 memilki dimensi serta sifat yang berbeda-beda. Oleh karena itu perlakuan terhadap gaya gesek dan gaya normal yang ditimbulkan oleh kompon rol juga berbeda-beda dalam rangka memperoleh hasil giling yang baik. Hubungan antara gaya gesek yang ditimbulakn terhadap gaya normal dari kompon rol ditunjukkan pada Gambar. 21, 22, dan 23.



Gambar 21. Kurva F_g vs F_n untuk Varietas Cisadane



Gambar 22. Kurva F_g vs F_n untuk Varietas Ciherang



Gambar 23. Kurva F_g vs F_n untuk Varietas IR 42

Memperhatikan Gambar 21, 22, dan 23 hubungan antara gaya gesek yang dibutuhkan dan gaya normal yang ditimbulkan kompon rol, terlihat bahwa gaya gesek rata-rata yang tertinggi secara teoritis adalah untuk varietas Ciherang diikuti oleh Cisadane dan IR 42. Hasil ini didekati secara eksperimen yang juga menunjukkan kecendrungan yang sama bahwa gaya gesek untuk varietas Ciherang lebih tinggi daripada Cisadane dan IR 42. Alasan ini didukung juga oleh dimensi dari varietas Ciherang yang lebih panjang sehingga memberikan luas permukaan kontak yang lebih luas sehingga distribusi gaya yang timbul lebih besar. Hertzian (2006), mengemukan bahwa gaya gesek merupakan fungsi dari kekerasan kompon rol, sedangkan kekerasan kompon rol dipengaruhi oleh modulus elastisitas serta *passion ratio* dari kedua material yang kontak satu sama lain, dalam hal ini gabah dan kompon rol. Gaya gesekdipengaruhi oleh koefisien gesek antara gabah dan kompon

rol (Stavroulaki dan Stavroulakis, 2002). Kedua pernyataan di atas mendukung hasil peneltian yang dilakukan.

F. Perbandingan Antara Hasil eksperimen dan Analitis

Hubungan gaya gesek yang dibutuhkan untuk proses pengupasan sekam pada proses penggilingan terhadap gaya normal yang diberikan oleh kompon rol dibandingkan antara hasil yang dilakukan dengan percobaan dengan hasil yang dihitung secara analitis, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji eksperimen dan Analitis Gaya Gesek

Varietas	Eksperimen				Analitis	
	Propertis	μ_s	Fn (kg)	Fg (kg)	Fn (kg)	Fg (kg)
Cisadane	Shore A : 85 Amilosa : 20% K. Air : 14%	0,60	1,1320	0,6792	1,1326	0,6796
		0,60	1,1321	0,6793	1,1336	0,6801
		0,60	1,1332	0,6799	1,1345	0,6807
		0,60	1,1341	0,6805	1,1354	0,6812
		0,60	1,1351	0,6811	1,1362	0,6817
Ciherang	Share A : 85 Amilosa : 23% K. Air : 14%	0,74	1,1360	0,8406	1,1371	0,8414
		0,74	1,1365	0,8410	1,1379	0,8421
		0,74	1,1374	0,8417	1,1387	0,8427
		0,74	1,1382	0,8423	1,1395	0,8433
		0,74	1,1391	0,8429	1,1403	0,8438
IR 42	Share A : 85 Amilosa : 27% K. Air : 14%	0,70	1,1389	0,7972	1,1411	0,7988
		0,70	1,1390	0,7973	1,1418	0,7993
		0,70	1,1399	0,7979	1,1426	0,7998
		0,70	1,1415	0,7991	1,1433	0,8003
		0,70	1,1420	0,7994	1,1440	0,8008

Analisis hasil penelitian yang telah diuraikan di atas terlihat hubungan yang signifikan antara kompon rol dan padi terhadap gaya gesek yang ditimbulkan selama proses penggilingan padi kering giling menjadi beras pecah kulit.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa banyak parameter yang mempengaruhi rendemen beras giling selama proses penggilingan berlangsung. Dua komponen utama yang sangat penting di dalam proses penggilingan adalah kompon rol dan padi. Hal ini dikarenakan kedua bagian ini kontak satu sama lain dan saling mempengaruhi.

Proses penggilingan adalah suatu proses kontak antara permukaan kompon rol dan permukaan padi untuk menghasilkan suatu proses pengupasan atau pelepasan sekam dari padi menjadi beras pecah kulit. Proses pelepasan kulit padi/sekam ini membutuhkan gaya gesek antara kompon rol sebagai alat pengupas dan media yang digesek dalam hal ini padi. Dalam prosesnya, padi dimasukan ke dalam bagian *hoper*/penampung sebelum masuk kedalam celah sepasang kompon rol yang berputar berlawanan arah dengan kecepatan putar tertentu.

Proses pelepasan kulit padi/sekam menjadi beras pecah kulit disebabkan oleh gaya gesek yang ditimbulkan antara rol dan permukaan padi. Rasio antara panjang dan tebal padi terhadap dimensi kompon rol adalah sangat besar, mengingat diameter dan panjang sepasang kompon rol adalah sangat besar dibandingkan ukuran padi. Hal ini menyebabkan dalam prakteknya proses penggilingan tidak berlangsung satu persatu, namun tidak menutup kemungkinan terjadi bersamaan. Hal ini berarti bisa saja terjadi gesekan antara rol dan padi dan antara padi dan padi. Hal ini menunjukkan bahwa proses penggilingan adalah suatu proses yang komplek.

Proses pengupasan kulit padi/sekam menjadi beras pecah kulit yang tidak patah/retak adalah suatu proses yang membutuhkan kondisi yang sangat ideal. Hal ini dikarenakan banyak faktor yang mempengaruhi seperti gaya gesek, kadar air, sifat fisik padi, sifat mekanis kompon rol seperti kekerasan, konfigurasi alat mesin

penggiling seperti kerapatan dari sepasang kompon rol dan lain-lain yang satu sama lain sangat mempengaruhi. Tjahjohutomo (2001) lebih jauh meneliti mengenai rendemen beras putih tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi dari satu mesin, namun juga dipengaruhi oleh kelengkapan dari alat pendukung seperti *dryer, cleaner, separator* dan lain-lain. Proses pelepasan kulit padi terjadi dikarenakan adanya kecepatan relatif antara sepasang kompon rol pada waktu menyentuh permukaan padi. Kecepatan relatif tersebut berkisar antara 20 sampai dengan 30 persen (Hardjosentono dan Wijato, 1978). Sepasang kompon rol yang berputar dengan perbedaan kecepatan serta bergerak dengan arah yang berlawanan inilah yang menyebakan proses pengupasan. Namun demikian muncul pertanyaan apakah proses pengupasan tersebut akan berjalan dengan sempurna sesuai dengan diharapkan yaitu beras pecah kulit yang utuh yang tidak patah maupun tidak retak, dengan kata lain rendemen beras pecah kulitnya baik. Permasalahan inilah yang menjadi pokok permasalahan dalam penelitian ini. Untuk manjawab permasalah inilah harus dipelajari formulasi hubungan gesekan antara kompn rol dan padi. Penelitian awal seperti seberapa jauh pengaruh kerapatan rol terhadap hasil penggilingan sudah pernah dilakukan, oleh karena itu dalam penelitian ini kerapatan rol diasumsi konstan dan difokuskan kepada pengaruh sifat mekanis kompon rol terhadap permukaan padi. Hal ini menarik untuk diteliti dikarenakan masih sebagain besar mesin penggiling padi dirancang bangun di luar Indonesia seperti Jepang. Oleh karena itu proses rancang bangun mesin penggiling tersebut tentu dengan kondisi rancangan kondisi negara produsen alat tersebut tidak mengacu kepada Negara-negara pemakai seperti Indonesia. Sedangkan seperti yang diketahui bahwa varietas padi sangat banyak jenisnya dengan sifat-sifat yang berbeda-beda.

Formulasi yang diterapkan untuk varietas padi pasang surut yaitu varietas Cisadane, Ciherang dan IR 42. Hasil pengukuran ketebalan butir gabah menunjukkan bahwa, untuk varietas Cisadane memiliki ketebalan yang paling tinggi yaitu 2,98 mm diikuti oleh varietas Ciherang 2,79 mm dan varietas IR 42 dengan tebal 2,73 mm. Hal ini berarti varietas Cisadane memiliki kandungan lipida yang lebih tinggi. Padi yang memilki lipida dan protein yang rendah memilki ketahan patah yang kurang baik sehingga mudah retak dan patah. Hal ini merekomendasikan bahwa kompon rol yang selama ini digunakan terlalu keras untuk varietas pasang surut. Kekerasan kompon rol yang direkomendasikan di bawah 90 Shore A, agar supaya gaya tekan yang diberikan lebih rendah serta

Pada proses penggilingan dengan menggunakan jenis kompon rol yang dipakai selama ini yaitu dengan kekerasan 92 Shore A yang dikeluarkan oleh standar Nasional Indonesia (SNI, 2008), secara kuantitas varietas IR 42 yang paling rapuh, diikuti oleh varietas Ciherang dan Cisadane. Hal ini diikuti juga dengan ketebalan rata-rata IR 42 paling tipis di antara varietas Ciherang dan Cisadane, sehingga varietas IR 42 yang rawan patah.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari uraian dan analisis di atas, adalah sebagai berikut

1. Sifat fisik dan kimia dari gabah pada suatu proses penggilingan gabah kering giling menjadi beras pecah kulit sangat mempengaruhi perilaku retak varietas padi pasang surut dalam hal ini Cisadane,Ciherang, dan IR 42. Sifat fisik dalam hal ini terutama kandungan lemak dan protein mempengaruhi ketahanan retak dari gabah. Secara kualitatif kandungan lemak dan protein varietas Cisadane lebih tebal diikuti oleh varietas Ciherang dan IR 42. Semakin tebal kandungan lemak dan protein di permukaan butir gabah semakin baik ketahanan retaknya. Kandungan lemak dan protein yang tinggi memberikan efek sebagai “bantalan” selama kontak dengan kompon rol. Hal ini ditunjukkan dari hasil pemeriksaan mikroskopis
2. Demikian juga sifat fisik dan kimia dari kompon rol juga sangat mempengaruhi kualitas hasil penggilingan. Jika kekerasan kompon rol terlalu tinggi, maka gaya gesek yang diberikan oleh kompon rol ke permukaan padi selama proses penggilingan akan semakin tinggi. Hal ini akan memicu retak/patahnya beras hasil penggilingan. Kompon rol yang digunakan selama ini dengan kekerasan 92 Shore A dari standard SNI ternyata terlalu keras untuk varietas gabah pasang surut. Oleh karena itu direkomendasikan kekerasan kompon berkisar 85 Shore A agar supaya dapat meningkatkan rendemen beras pecah kulit.

3. Perilaku retak dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia baik gabah maupun kompon rol. Kadar lemak dan protein pada gabah serta dimensi gabah yang memberikan luas permukaan kontak antara kompon rol dan gabah sangat berpengaruhi. Bila lapisanya lebih tipis ketahanan retak serta pola retaknya lebih dominan. Namun bila kadar lemak dan protein lebih tinggi gabah akan lebih kompak, dan ketahanan retaknya lebih baik.
4. Karakteristik retak dan patah beras pecah kulit dipengaruhi oleh jenis kompon rol. Kekerasan kompon rol diformula berkaitan erat dengan kadar lemak dan protein pada permukaan butir gabah. Semakin tinggi kadar lipida dan protein akan semakin tahan terhadap keretakan, hal ini dikarenakan lipida bersifat meredam beban dari luar sehingga bersifat sebagai “bantalan. Protein didalam butir gabah terutama di bagian antar granulamenjadikan granula pati menjadi kompak sehingga menjadikan butir menjadi lebih tangguh terhadap beban luar
5. Gaya gesek selama proses penggilingan sangat dipengaruhi oleh koefisien gesek statik dan gaya normal. Sedangkan gaya normal Fn sangat dipengaruhi oleh sifat fisik mekanik kompon rol dalam hal ini kekerasan. Semakin keras kompon rol, maka modullus elastisitasnya semakin tinggi. Gaya gesek juga dipengaruhi oleh luas permukaan kontak antara kompon rol dan gabah. Semakin luas permukaan kontak maka semakin besar gaya gesek yang dibutuhkan.

B. SARAN

Merujuk dari kesimpulan dalam penelitian ini, maka dapat direkomendasikan beberapa saran sebagai berikut.

1. Penelitian dan pengkajian dalam bidang padi/gabah dalam rangka peningkatan kualitas perlu dilanjutkan, agar supaya tidak hanya mengejar aspek kuantitas namun juga aspek kualitas.
2. Hasil rancang bangun peralatan alat uji koefisien gesek antara kompon rol dan gabah perlu dikembangkan sehingga diharapkan dapat menjadi produk hak kekayaan intelektual Indonesia, dan berguna bagi penelitian-penelitian selanjutnya.
3. Formulasi di dalam hubungan varietas gabah dan kompon rol terhadap gesekan dan perilaku patah perlu diterapkan kepada produk-produk pertanian yang lainnya seperti kedelai, kopi, dan lain-lain.
4. Kaji lanjutan terhadap kompon rol perlu dilanjutkan untuk mendapatkan unjuk kerja kompon rol seperti aplikasi nano tehnologi terhadap perkembangan kompon rol.

DAFTAR PUSTAKA

Afzalinia, S, M.Shaker, and E. Zare. 2004. Comparison of different rice milling methods. Canadian Biosystem Engineering. Canada. 46

Alam, A. 2004. Teknik pengumpanan bahan kimia kompon untuk mesin giling terbuka. Balai penelitian teknologi karet Bogor, BPTKB, Bogor.

Ariefyanto,G.D. 1998. Perancangan dan pengujian interface untuk mengubah sistem kontrol mekanik pada mesin uji tarik menjadi system kontrol digital. Skripsi jurusan Teknik Mesin FT UNSRI.

Askari,E. 2010. Determination of dynamic friction coefficient of paddy grains on different surface. Department of agricultural machinary, University of Mohaghegh Ardabli, Ardabil, Iran. 24 (2).

Badan Standar Nasional (SNI), 7417. 2008. Standar Nasional Indonesia (Kompon rol karet pengupas padi). BSN. Indonesia.

Bautista.R.C and T.J. Siebermorgen. 2003. Fissure formation in Brown rice kernels observed with a video microscopy system. Trans of ASAE.

Bekki, E and R.C. Bautista. 1996. Behavior of fissure caused by moisture adsoption in brown rice. Bull Fac of Agric. Hirosaki University, Japan. 60: 99-108

Bogus, S.N. 2006. Physical-mechanical properties of rice grains. Kubanskic Gosudaretvennyi Universitet, Kuban, Rusia.

Brooker, D.B, F.W, Arkema, and C.W. Hall. 1992. Drying and storage of grains and oilseeds, Van Nostrand Reinbold, New York.

Cao, W, Y. Nishiyama, and S. Koide. 2004. Physicochemical , mechanical and thermal properties. International Journal of Food Science and Technology 39 (9): 899.

Chandra, H. 2008. Fracture analysis of rice kernel under milling process using scanning electron microscope. Journal Agritek, Terakreditasi No. 026/Dikti/Kep/2005, Institut Pertanian Malang, Indonesia.

Chandra. H, A. Rejo, R. Sipahutar, and Hersyamsi. 2009. Analysis of friction force between rubber rol and paddy grain under milling process. Journal Barestand, Department of Industry, Palembang, South Sumatera, Indonesia. 17(7): 222-227.

Chandrasekaran, N, W.E.Haisler, and R.E.Goforth. 1987. Finite element analysis of Hertz contact problem with friction. Finite elements in Analysis and design North- Holland. 3 : 39-56.

Chen.H, T.J.Siebenmorgen, and K.Griffin. 1998. Quality characteristics of long-grain rice milled in two commercial system. Cereal chem.. American Association of Cereal Chemist, Inc. 75(4): 560-565

Cnossen. A.G, T.J. Siebenmorgen, and W. Yang. 2002. The Glass transtition temperature concept in rice drying and tempering : effect on drying rates. Trans of ASAE.Arkansas. USA. 45(3) : 759-766.

_____. 2002. An application of glass transtition temperature to explain rice kernel fissure occurance during the drying process. Arkansas.

Corrêaa, P.C, F. Schwan da Silva, C.Jaren, P.C. Afonso Junior and I. Arana. 2007. Physical and mechanical properties in rice processing. Journal of Food Engineering Copyright © 2007 Elsevier B.V. All rights reserved. Science 79(1): 137-142.

Cristian, I. 2009. Mathematical modelling and numerical simulation of Coulomb friction. International Conference on Economic Engineering and Manufacturing System. Brasov.

Dacosta, H.M. 2006. Mechanical and dynamic mechanical properties of rice husk as-filled natural rubber compound. Brazil.

Dong, L, L.J.Wang, D.C. Wang, X.D.Chen, and Z.H. Mao. 2007. Microstructure analysis of rice kernel. International journal of food properties. 10 : 85-91.

Efendi. 2008. Optimasi proses mixing mesin rol karet pengupas padi pada mesin open mixer dengan metode respon surface. ITS, Surabaya.

Feryanto. 2010. Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Rendemen Beras Pecah Kulit. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UNSRI.

Hardjosentono, M dan Wijato. 1978. Mesin-mesin pertanian, PT Bumi Aksara. Jakarta, Indonesia.

Haryadi. 2008. Teknologi Pengolahan Beras. Gajah Mada University Press. P.O. Box 14, Bulaksumur, Yogyakarta 55281.

Hsul, C.L. 2003. Influence of cooling rate on glass transition temperature of sucrose solution and rice starch gel. ASAE. USA.

Jia, C. 2002. Computer simulation of intra-kernel stress pattern of rice during drying explanation by glass transition. Department of food science,University of Arkansas, 272 Young Avenue, Fayetteville, AR 72704.

Jia, C, W. Yang, T.J. Siebenmorgen, and A.G. Cnossen. 2002. Development of computer simulation software for single grain kernel drying, tempering and stress analysis. Trans. of the ASAE 45(5) : 1485 -1492.

Jia, C, W. Yang, T.J. Siebenmorgen, R.C. Batistuta, and A.G. Cnossen. 2002. A study of rice fissuring by finite element simulation of internal stress combined With high-speed microscopy imaging of fissure appearance. Trans of the ASAE.

Jiménez, M.J and A.G. Cnossen. 2001. Correlating fissure occurrence with head rice yield for various drying and tempering treatments. Arkansas.

Johannes, V.I, M.A. Green, and C.A. Brockley. 1973. The role of the rate of application of the tangential force in determining the static friction coefficient. Elsevier Sequoia S.A. Lausamne. Netherlands. 24 : 381-385.

Jongkaewwattana, S. 2006. Using system analysis approach to analyze factors influencing yield and milling quality of rice. India

Kameoka, T. 2002. Simulation of heat and mass transfer during through-drying process of rough rice, Japan.

Kibar, H, T. Ozturk, and B. Esen. 2010. The effect of moisture content on physical and mechanical properties of rice (*Oriza sativa* L). Journal of Agriculture Research, Spanish 8 (3) : 743-749.

Kiswoyo, G. 2008.Optimasi jarak dan kecepatan rol pada penggilingan padi (rice milling unit) menggunakan jaringan syarap tiruan dan Algoritma Genetik. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Lan, Y. 2001. Stress analysis in rice kernel from moisture adsorption. Trans of ASABE.

Liu, Z and W. Yang. 2004. Scanning electron microscope examinination of ultrasonic effect on corn pericarp microstructure. Trans ASAE.

Monsoor. M.A, A. Proctor, and T.J. siebenmorgen. 2004. Surface lipid and fatty acids (FFA) content of head and broken rice produced by milling after different drying treatments. Cereal chem. American Association of Cereal Chemist,Inc. 81(6): 705-709.

Nattapol, P. 2001. Head rice yield after drying by fluidization technique and tempering. 2nd Asian-oceania drying conference. Malaysia.

_____. 2002. Intra-kernel moisture responses of rice to drying and temper treatments by finite element simulation ASAE.

Pani, Z. 2002. Study of drying paddy rice using infrared (1).Dept. of Biological & Agricultural Engineering, Univ. of California.

Payman, M, L. Baghori, M.R.Alizadeh, and R. Rochi. 2007. Effective parameters, of broken rice during paddy hulling using rubber roll huller. Journal of Biological sciences. Asian Network for Scientific Information. Iran 7 (1) : 47-51.

Razavi, S.M.A and R.Farahmadfar. 2008. Effect hulling and milling on the physical properties of rice grain. International Agrophysic, Institute of Agrophysic Sience, Polish academy science 22 : 353-359.

Rickman, J.F and M Gummert. 2008. Rice processing. agricultural engineering, International Rice Research Institute.

Setyowati, P. 2007. Pemanfaatan skrap rubber roll untuk pembuatan barang karet. Balai besar kulit, karet, dan plastik BKKP, Yogyakarta.

Shitanda, D, Y. Nishiyama, and S. Koide. 2001. Compressive strength properties of rough rice considering variation of contact area. Faculty of Agriculture. Iwate University. Ueda 3-18-8, Morioko, Japan.

Siebenmorgen, T.J. 2004. Rice milling yield and quality. Rice cap meeting. University of Arkansas.

Siebenmorgen, T.J and G.Qin. 2005. Relating rice kernel breaking force distributions to milling quality. Transactions of the ASAE. St. Yoseph. Michigan. 48(1) : 223-228.

Siebenmorgen, T.J, W. Yang, and Z. Sun. 2004. Glass transtition temperature of rice kernels determined by dynamic mechanical thermal analysis, Trans of the ASAE 47(3) : 835-839.

Siebenmorgen, T.J and W.Yang. 2002. Rough rice drying and milling quality. Arkansas.

Siebenmorgen.T.J, R.C Bautista, and G. Qin. 2005. Influence of drying and rice fissure formation rates and mechanical strength distributions. AAES research series 540.

Stavroulaki, M.E and G.E. Stavroulakis. 2002. Unilateral contact application Using FEM Software. Int.J.Appl.Math.Comput.Sci. 12(1) : 115-125.

Sun, Z. 2003. Using dynamic shrinkage test to study fissure propagation in rice kernels. Technical Note , trans of the ASAE 45 (5) : 1501 – 1504.

Sun, Z, W. Yang, T.J. Siebenmorgen, A.M. Stelwagen, C. Jia, and A.G. Cnossen. 2002. Using dynamic shrinkage tests to study fissure propagation in rice kernels. ASABE technical library. Japan.

Surajit, K and Dedata. 1998. Principle and Practices of Rice Production, Wiley Interscience, Philipines.

Tjahjohutomo. R, Handaka, Harsono, dan T.W. Widodo. 2004. Pengaruh konfigurasi mesin penggilingan padi rakyat terhadap rendemen dan mutu beras giling. Jurnal enjiniring pertanian. Litbang Serpong, Indonesia. 2 (1).

Wikipedia, The force encyclopedia. 2010. File ://E:/friction/friction.htm.

Wikipedia technology.2010. File://E:/friction/friction energy.htm.

Warries. A. 2006. Teknologi Penggilingan Padi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Xianzhe and Zheng. 2004. The prediction of rice taste value for the post - drying paddy. Nature and Science journal. ASABE.

Yang, W and Q. Zhang. 2005, Understanding rice breakage through internal work, fracture energy, and glass transition individual kernels. ASAE.

Yang. W, Q. Zhang, and C.Jia. 2005. Understanding rice breakage through internal work, fracture energy, and glass transition of individual kernels Transaction of ASAE. 48(3) : 1157-1164.

Yang. W, C.-C. Jia, T.J. Siebenmorgen, T.A. Howell, and A.G. Cnossen. 2002. Intra - kernel moisture and temperature gradients as related to head rice yield during the drying and tempering processes. ASAE ISSN 0001-2351. 45(4) : 1037-1044.

_____. 2002. Intra – kernel rice moisture responses to drying and tempering treatments by finite element simulation. ASAE.

Yang. W. 2002. Internal stress behavior of rice kernels during tempering by finite element analysis. Trans ASAE.

Yang.W, T.J.Siebenmorgen, T.P.H. Thielen, and A.G. Cnossen. 2003. Effect of glass transition on thermal conductivity of rough rice. Elselvier Science Ltd. Biosystem Engineering. Netherlands. 84(2) : 193-200.

Yulihastiwa.2009. Pengaruh perlakuan awal fasa karet alam (NR) terhadap property campuran karet alam dan propilin. ITS. Surabaya.

Zhang, Q, W. Yang, T.J. Siembenmorgen, Z.Sun, and A.G. Cnossen. 2001. A SEM study of fracture surface of rice kernels. AACC Annual conference, Charlote, NC, Arkansas.

Zhang, Q, W.Yang, Z.Sun, and T.J. Siebenmorgen. 2002. A study of rice kernel by three point bending tests. Dept of Food Science, Univ. of Arkansas, 2650 N. Young Ave, Fayetteville, AR 72704. Annual Meeting and Food Expo – Anaheim, California.

Zhang, Q, W.Yang, Z.Sun and T.J. Siebemorgan. 2002. Understanding rice fissuring by SEM examination of fracture surface. AACC Annual conference, Charlotte, NC.

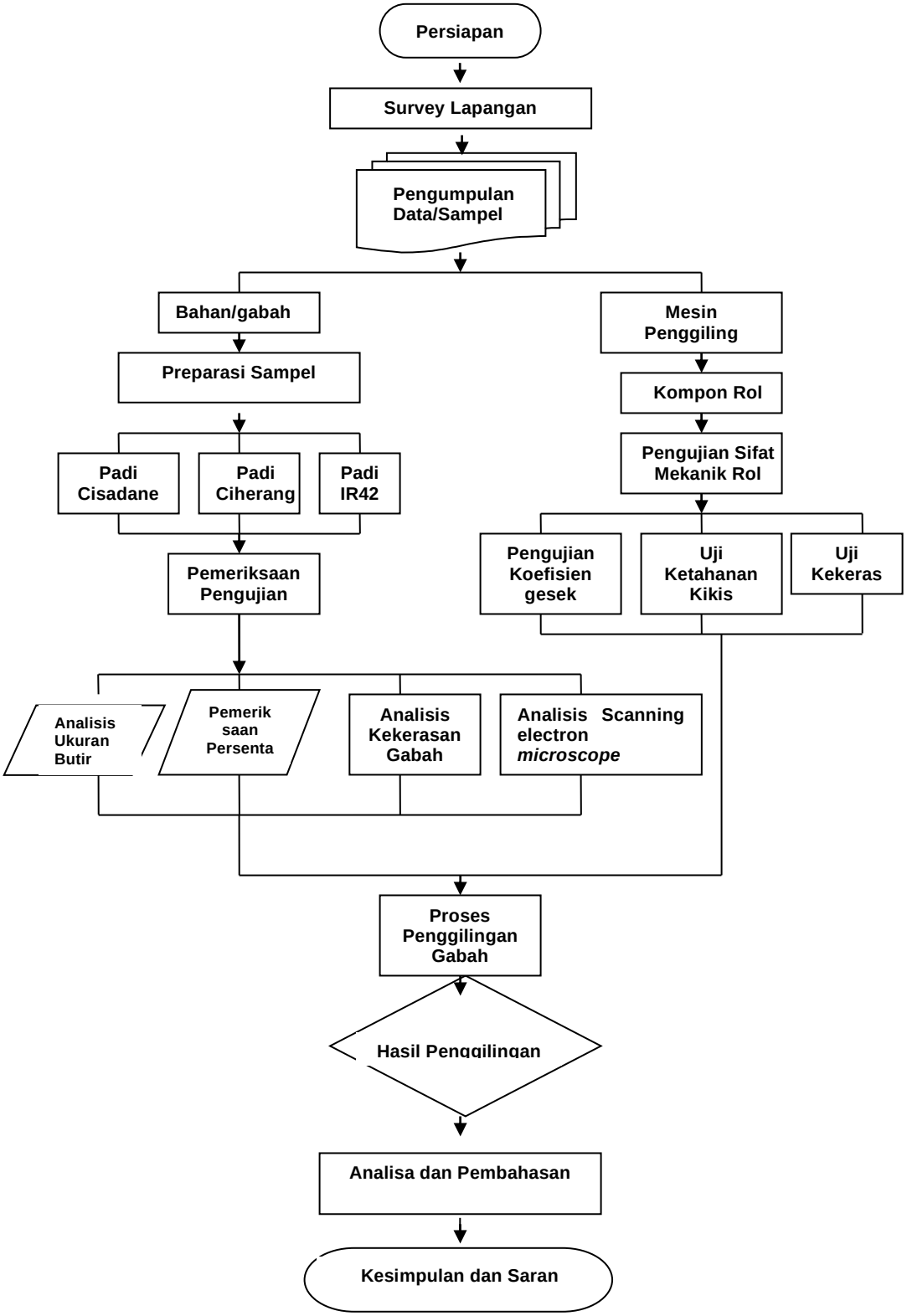
Zhang, Q, W.Yang, and Z.Sun 2003. Mechanical properties of sound and fissured rice kernels and their implications for rice breakage. ASABE, St.Joseph, Michigan.

Zhang, Q, C.F. Earp, W. Yang, and I. Howard. 2003. Tracing fissure information by scanning electron microscope characterization of naturally fissured surfaces rice kernels. Trans of ASAE.USA. 46(6) : 1583-1588.

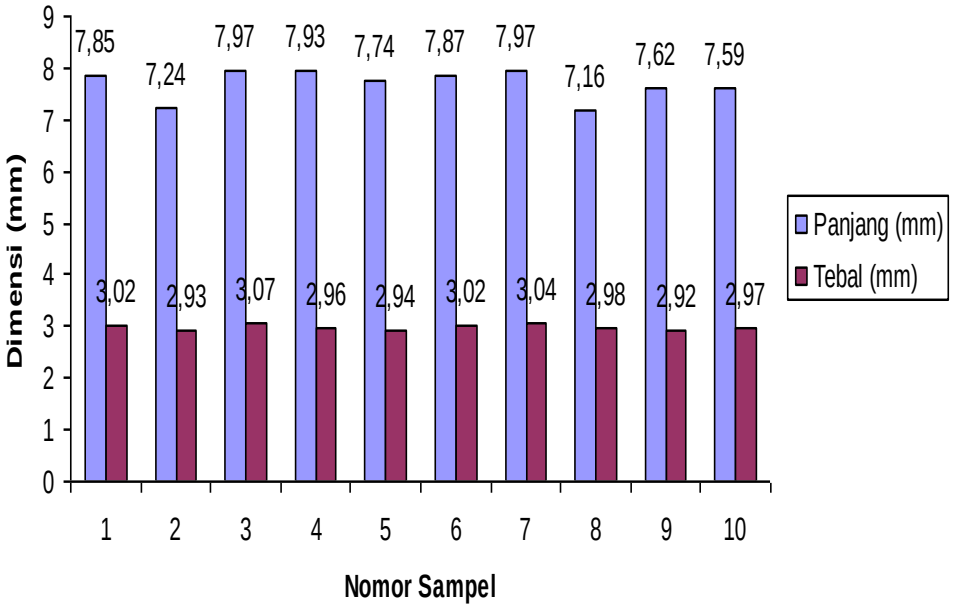
Zhang, Q, W.Yang, Z. Sun, and T.J.Siebenmorgen. 2002. A study of rice kernel fracture under three- point bending test.. Dept of food science, Univ. of Arkansas.

_____. 2005. Mechanical properties of sound and fissured kernels and their implifications for rice breakage. ASABE.

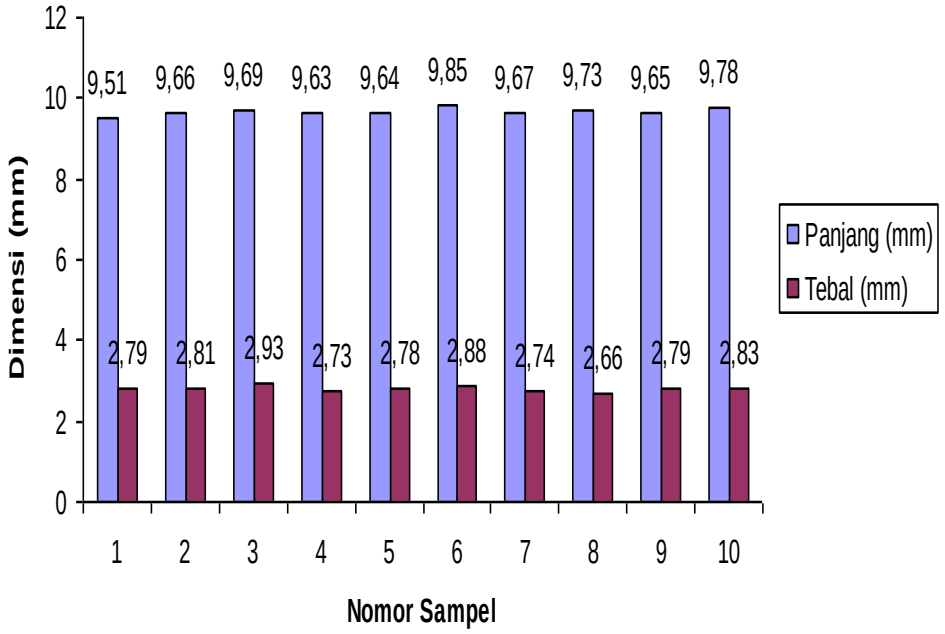
Lampiran 2. Diagram alir penelitian



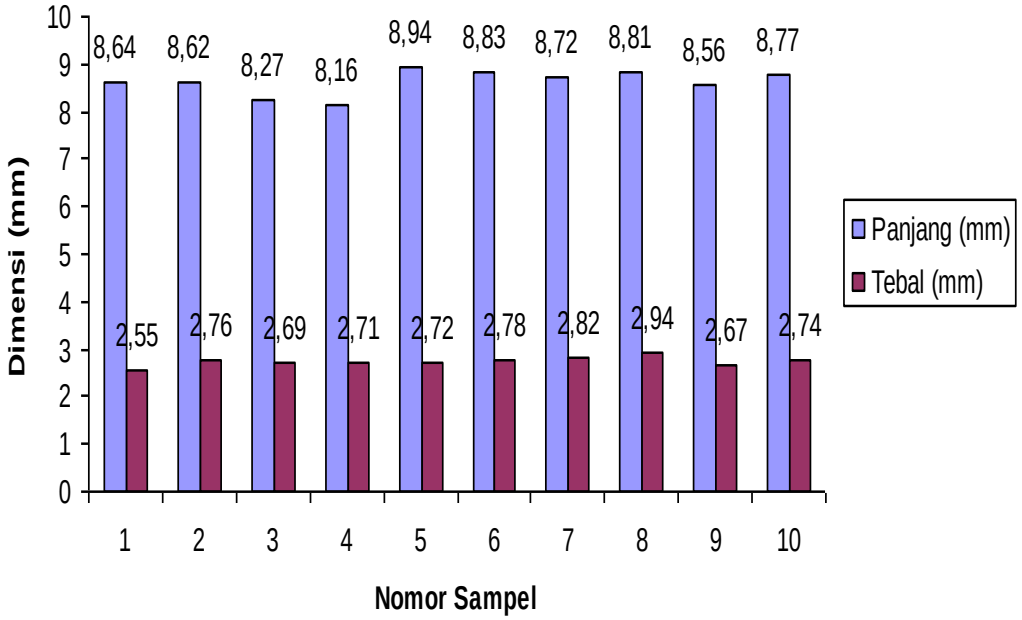
Lampiran 3. Panjang dan tebal sampel padi Cisadane



Lampiran 4. Panjang dan tebal sampel padi Ciherang



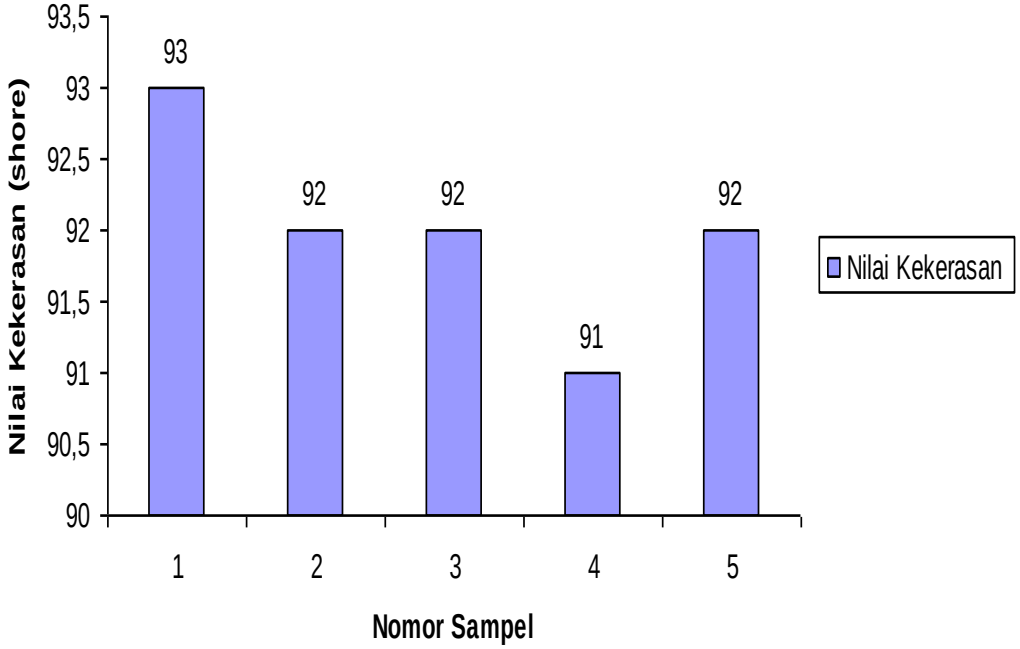
Lampiran 5. Panjang dan tebal sampel padi IR42



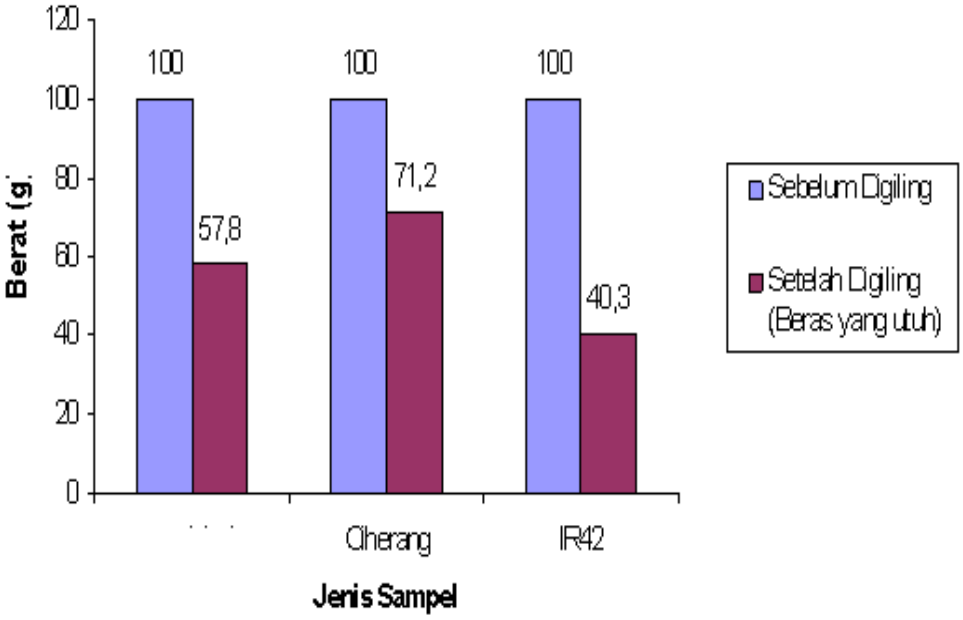
Lampiran 6.. Data hasil uji kekerasan gabah

No.	Padi Cisadane (g_f)	Padi Ciherang (g_f)	Padi IR42 (g_f)
1	*657,0*	813,8	617,8
2	*403,6*	717,0	718,8
3	*505,5*	788,2	749,8
4	*530,6*	813,8	623,0
5	*676,8*	749,8	626,6
6	*564,2*	806,4	784,6
7	*542,8*	809,2	664,0
8	*446,8*	751,8	654,6
9	*657,4*	785,6	723,7
10	*498,0*	812,8	657,4
Rata-rata	*548,26*	784,84	681,99

Lampiran 7. Hasil pengujian pekerasan rol karet



Lampiran 8. Hasil pengujian penggilingan padi



Lampiran 9. Alat yang ukur yang digunakan

Lampiran 10. Timbangan digital

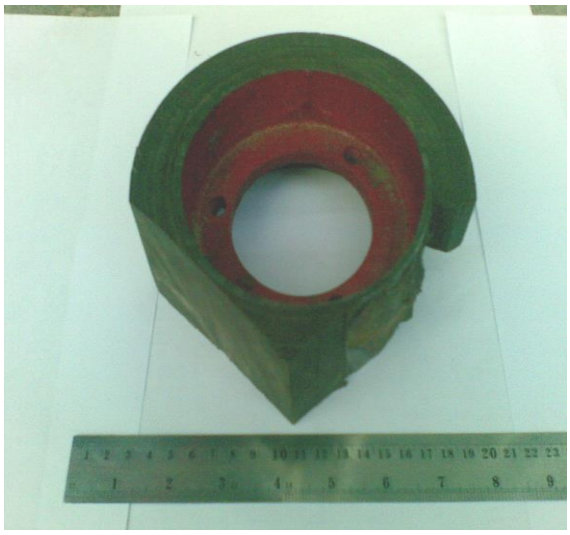
Lampiran 11. Tipe mesin giling yang digunakan

Alat : Pada Laboratorium Pengujian BULOG (Satake)

Lampiran 12. Alat uji ketahanan kikis kompon

Lampiran 13. Alat uji kekerasan kompon rol

Lampiran 13. Kompon rol



Lampiran 14. Sampel gabah yang digunakan

(a). Varietas Cisadane (b). Varietas Ciherang

(c). Varietas IR 42

Lampiran 15. Tempat Pengambilan sampel

Lampiran 16. Wilayah tanam pasang surut

(a)

(b)

Lampiran 17. Spesifikasi mesin pecah kulit

1. Data rasio kecepatan yang digunakan

   Kecepatan putar rol 1900 rpm

2. Kapasitas mesin

   Kapasitas mesin adalah 1 kg, dengan merek dagang Satake.

3. Diameter *rubber roll*

   Diameter *rubber roll* yang digunakan 100 mm

4. Jarak antara dua rol

   Jarak renggang antara kedua rol karet bergantung pada dimensi gabah/padi dalam hal ini tebal gabah yang akan digiling. Secara empiris jarak renggang kedua rol karet berkisar antara 0,5 – 0,8 mm.