

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang Masalah

Perkembangan industri di Indonesia saat ini berlangsung sangat pesat seiring kemajuan teknologi sehingga memicu persaingan yang semakin ketat diantara perusahaan-perusahaan besar termasuk industri kemasan. Sejalan dengan perkembangan teknologi, industri kemasan juga terus berupaya mengembangkan kualitas dari bahan baku serta bentuk kemasan yang digunakan. Dalam era modern seperti saat ini, kemasan menjadi salah satu bagian penting dikehidupan sehari-hari. Kualitas suatu produk tidak hanya ditentukan dari kualitas produknya saja, tetapi juga kualitas dari kemasan yang digunakan.

Kemasan berbahan kertas dan karton merupakan salah satu kemasan yang paling banyak digunakan untuk mengemas berbagai macam produk mulai dari mengemas produk pangan, produk kosmetik, produk farmasi dan lain-lain. Kemasan berbahan kertas dan karton terbagi menjadi dua jenis, yaitu kemasan kotak karton lipat dan kemasan karton gelombang. Saat ini, Kemasan carton box atau kardus memegang peranan penting dalam hal pengangkutan, distribusi, penyimpanan dan penyusunan/penumpukan, karena salah satu fungsi kemasan yaitu sebagai syarat kelancaran penjualan barang-barang. Kemasan mampu melindungi isinya dari berbagai resiko dari luar, misalnya perlindungan dari udara panas/dingin, sinar/cahaya matahari, bau asing, benturan/tekanan mekanis. Untuk itu diperlukan kualitas yang baik untuk carton box atau kardus yang digunakan. Kualitas dari produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan

ditentukan berdasarkan ukuran-ukuran dan karakteristik tertentu. Suatu produk dikatakan berkualitas baik apabila dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan atau dapat diterima oleh pelanggan. Perkembangan dunia usaha saat ini sedang mengalami peningkatan yang pesat. Peningkatan itu disebabkan karena kebutuhan dan keinginan konsumen yang semakin bervariasi. Adanya persaingan khususnya untuk perusahaan yang menawarkan produk sejenis, menuntut perusahaan untuk lebih kreatif dan inovatif dalam memproduksi produknya, dengan begitu perusahaan bisa bertahan di dalam persaingan yang semakin ketat.

Menurut Harini Fajar Ningrum kemasan memiliki peranan yang cukup penting dalam keseluruhan industri terutama pada industri manufaktur. Kemasan merupakan tempat atau wadah dalam bentuk tertentu dan dapat melindungi produk dari kemungkinan rusak sejak keluar dari pabrik sampai ke tangan konsumen. Selain itu, kemasan juga berperan dalam proses pengkomunikasian produk pada konsumen, karena dalam sebuah kemasan mengandung ciri, jenis, dan sifat produk yang ada didalamnya[1].

PT IPI merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang packaging industries yang berada di Kota Medan. PT. IPI ini memfokuskan diri pada pembuatan carton box. Dalam melaksanakan proses produksinya, PT. IPI mendasarkan atas pesanan dari konsumen. Beberapa perusahaan yang menggunakan produk yang dihasilkan oleh PT. IPI antara lain, PT. Tirta Sukses Perkasa (Air minum Club), PT. Mayora Indah (Permen Kopiko & Biskuit Roma Kelapa), PT. Avia Avian (Cat Avian), PT. Siantar TOP

(Twistko), PT. Tirta Fresindo Jaya (Teh Pucuk Harum), PT. Prakarsa Alam Segar (Mie Sedap), PT. Mitra Alam Segar (Ale-Ale) dan lain-lain.

Karton Kotak Gelombang adalah alat kemasan berbentuk kotak (carton box atau kardus) yang terbuat dari lembaran kertas kraft liner dan kertas medium sebagai lapisan gelombangnya. Karton kotak gelombang merupakan kemasan distribusi yang paling umum digunakan saat ini [2]. Kotak Karton Gelombang mempunyai berbagai keunggulan antara lain yaitu ringan, kuat, mudah dibawa, praktis, bisa dicetak dan ramah lingkungan. Karton kotak gelombang ini telah menjadi alat kemasan transport yang paling banyak digunakan mulai dari industri makanan ringan, mainan anak-anak, air mineral, mie instan hingga buahbuahan segar. Model atau tipe karton kotak gelombang yang memiliki banyak permintaan di PT. IPI ini adalah box Regular Slotted Container (RSC) karena model box-nya yang paling umum digunakan untuk berbagai macam packaging seperti mie instan, makanan ringan, air mineral dan lain-lain. Selain itu, model box-nya yang praktis dan mudah dalam penggunaannya jika dibandingkan model lainnya[3].

Pada penelitian ini, akan dilakukan pengendalian kualitas statistika produk karton kotak gelombang tipe RSC di PT. IPI dimana sebelum di distribusikan kepada konsumen akan dilakukan pemeriksaan untuk melihat ada tidaknya produk yang tidak sesuai dengan standard yang telah ditentukan. Hasil pemeriksaan yang dilakukan terdapat beberapa produk karton kotak gelombang tipe RSC yang tidak sesuai dengan standard yang telah ditentukan sehingga akan menyebabkan kemasan yang akan dilakukan packaging tidak bisa terlindungi

dengan baik dan dapat merugikan perusahaan. Untuk menganalisa kekuatan kotak kardus, penulis menggunakan fluting kotak berbeda dengan aplikasi metode *compression test*. Diharapkan manfaat pengujian ini akan meningkatkan pengetahuan bagi mahasiswa dan perusahaan.

Terdapat beberapa parameter uji kualitas untuk mengetahui sifat fisik dari kemasan kertas dan karton, yaitu berat dasar, ketebalan, komposisi lembaran serta kekuatan BCT kotak karton.

1.2.Maksud dan Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui dasar-dasar dan prinsip-prinsip dari perencanaan suatu produk serta untuk mengembangkan wawasan pengetahuan di bidang perencanaan produk.
2. Untuk menganalisa berat dan kekuatan kompresi kotak kardus .
3. Untuk membantu perusahaan dan konsumen dalam memilih tipe kotak berdasarkan gramatur serta jenis fluting kotak.

1.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan oleh penulis adalah dengan metode eksperimental untuk mendapatkan data BCT kotak kardus terkait ketebalan masing-masing fluting kotak dengan berat kotak yang sama. Dengan demikian dapat lakukan pengamatan dan pengambilan data analisa dan kesimpulan.

1.4. Batasan Masalah

1. Karena begitu luasnya permasalahan tentang pemilihan bahan baku dan fluting kotak bergelombang yang berhubungan dengan kekuatan kotak kardus maka penulis membatasi penulisan tugas akhir ini hanya pada pengujian kekuatan BCT kotak kardus, FCT kotak kardus dan ECT kotak kardus single wall dengan 2 jenis fluting berbeda yaitu B flute dan C flute.
2. Menguji dan menganalisa berat kotak berdasarkan gramatur kertas, ukuran dimensi kotak kardus dan jenis fluting kotak B flute dan C flute agar didapatkan berat yang sama pada kotak kardus.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Meskipun biasa disebut kotak karton, sebagian besar karton pengiriman terbuat dari bahan papan serat bergelombang. Kotak bergelombang terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan tengah bahan karton bergelombang diapit di antara dua lapisan kertas liner. Kotak bergelombang bisa berdinding tunggal (*single wall*) atau berdinding ganda (*double wall*)[4].

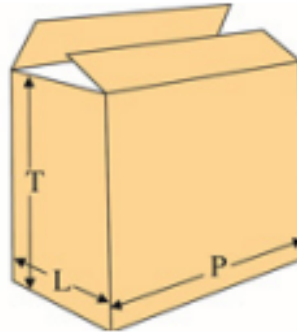
Bahan *corrugated box* terdiri dari berbagai lapisan bahan yang secara struktural kuat, dapat menahan beban dan melindungi dari benturan. Lapisan-lapisan tersebut adalah: lapisan dalam, lapisan luar, dan lapisan *fluting*. Biasanya *fluting* berada di antara lapisan dalam dan luar, namun Ada juga *corrugated* yang memiliki *fluting* di bagian luarnya saja atau biasa disebut kotak *single face*[5].

Fungsi utama kotak bergelombang adalah untuk melindungi bagian dalam. Oleh karena itu, perusahaan produksi harus menyesuaikan barang produksinya sesuai dengan berat kotak dan bantalan kotak bergelombang. Tinggi *flutting* kotak kertas bergelombang memiliki tinggi yang berbeda-beda yang disesuaikan dengan kebutuhan barang produksi. Adapun indikator dalam penentuan kekuatan kotak karton bergelombang adalah antara lain kekuatan tekanan tepi kotak bergelombang, kekuatan *bursting* kotak, kekuatan *flutting* kotak, kekuatan adhesi, kekuatan dari kotak kosong. Kotak Bergelombang untuk memenuhi persyaratan kekuatan fisik ini, untuk mencapai fungsi perlindungannya[2].

Menurut Priscila Tamara terdapat beberapa manfaat atau kelebihan serta kekurangan dari kotak kardus yaitu antara lain[6] :

1. Struktur kardus hasil daur ulang tidak jauh berbeda dengan kardus baru
2. Proses cetak dilakukan dengan sistem cetak sablon (silk-screen printing), masking, atau hand-painting
3. Kertas sebagai bahan dasar tidak tahan terhadap air, dan kelembaban; baik yang disebabkan oleh zat cair, atau kelembaban udara. Sehingga harus dilakukan penjemuran, atau pemanasan dengan plat lain (misalnya lampu sorot oven dll) untuk mengembalikan kekuatan struktur material.
4. Ketebalan material yang tersusun dari lapisan-lapisan kardus berdampak langsung terhadap kekuatan struktur material.
5. Penyusunan lapisan dengan menggunakan sistem modul pada saat perekatan, dapat menekan banyaknya material yang terbuang
6. Sisi potongan terbuka tidak efektif untuk aplikasi yang berhubungan langsung dengan pengguna/benda lain secara berulang-ulang
7. Berasal dari bahan baku yang dapat didaur ulang, dan karena penambahan unsur lain (perekat) berbasis air; maka material ini layak untuk diproses daur ulang, dan bersifat bio-degradable (dapat diurai oleh tanah).
8. Proses produksi tidak membutuhkan peralatan khusus dan tidak membutuhkan keahlian khusus, maka dapat diproduksi dalam skala pribadi, rumah tangga, industri kecil, hingga industri besar, untuk menanggulangi kardus bekas menjadi limbah.

Definisi Kemasan Karton Gelombang adalah kemasan yang terdiri atas dua atau lebih kertas liner (kraft), yang diperkuat dengan lapisan berbentuk gelombang di bagian dalam yang disebut corrugated medium (flute) dan proses pencetakannya menggunakan teknik cetak fleksografi[7].



Gambar 2.1. Dimensi Kotak Karton Bergelombang

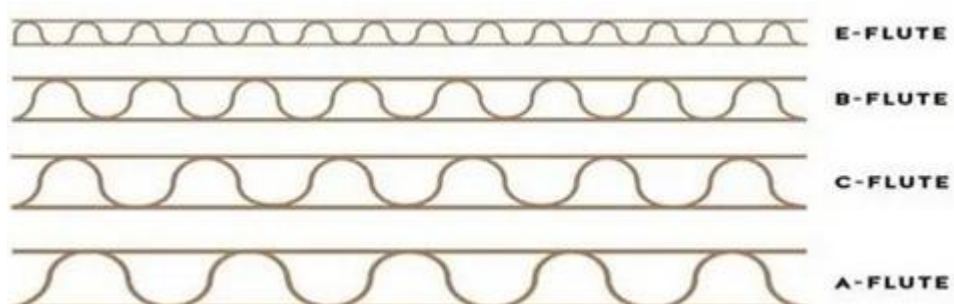
Dimensi dan Spesifikasi kemasan karton gelombang selalu dinyatakan dalam notasi perkalian atau penambahan dengan urutan: Panjang (p) x Lebar (l) x Tinggi (t). Merupakan urutan dari bagian dalam kemasan dan diukur dari pusat lipatan ke pusat lipatan. Pengukuran perlu dilakukan dengan menggunakan alat bantu, misalnya square jig agar jarak antara dinding kemasan karton gelombang yang diukur dalam keadaan siku, sedangkan alat ukur yang digunakan harus mampu mengukur dimensi bagian dalam, misalnya jangka sorong. Pada proses pembuatan kemasan karton gelombang, perlu diberikan tambahan ukuran pada dimensi kemasan karton gelombang yang dihasilkan sesuai dengan apa yang diinginkan. Untuk memperoleh dimensi kemasan karton gelombang yang tepat, sebaiknya pihak pemakai

menyerahkan contoh produk yang dikemas kepada pembuat kemasan karton gelombang. Setiap dimensi dapat diberi toleransi sekitar 1% [7].

2.1 Jenis Flute Pada Corrugated Box

Menurut Natawardaja dalam majalah PICCI, jenis flute ini ada beberapa macam, diantaranya[4]:

1. A Flute Jumlah gelombang per meter adalah 118, tinggi gelombang 4.8 mm, terdiri dari 2 susun, digunakan untuk barang yang agak ringan.
2. B Flute Jumlah gelombang per meter adalah 168, tinggi gelombang 2.4 mm, terdiri dari 2 susun, digunakan untuk barang yang berat seperti kalengan.
3. C Flute Jumlah gelombang per meter adalah 138, tinggi gelombang 3.6 mm, terdiri dari 2 susun, digunakan untuk benda yang beratnya sedang.
4. E Flute Jumlah gelombang per meter adalah 316, tinggi gelombang 1.2 mm, terdiri dari 6 susun, digunakan untuk barang yang ringan.

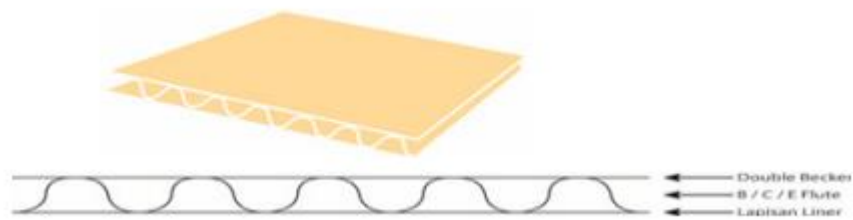


Gambar 2.2. Jenis-jenis flute pada kotak

2.2 Jenis Struktur Lapisan Corrugated Box

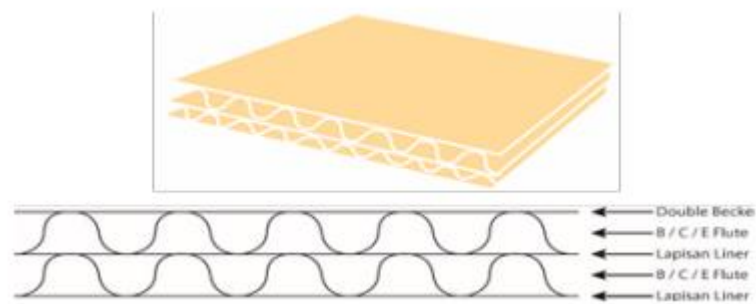
Berdasarkan jenis strukturnya, kemasan karton gelombang dapat dibagi menjadi 2, yaitu[7]:

- 1) *Sheet Single Wall* Yaitu sheet yang terdiri dari lapisan *flute* yang diapit oleh 1 lapisan *liner* dan 1 lapisan *double becker*. Lapisan *double becker* adalah lapisan atas dari sheet[7].



Gambar 2.3. Struktur *Single Wall*

- 2) *Sheet Double Wall* Yaitu *sheet* yang terdiri dari 2 lapisan *liner*, 1 lapisan *double becker* dengan 2 lapisan *flute*. Yang terpenting dalam penggunaan *double wall* yaitu untuk meletakkan benda-benda yang berat dan bermuatan besar misalnya televisi dan berbagai macam jenis suku cadang. Kemasan yang sudah dilapisi *double wall* ini dapat ditaruh secara bertumpuk tanpa harus khawatir terhadap benda yang ada di dalamnya karena kemasan ini sangat kuat dan tahan goncangan dalam perjalanan panjang[7].



Gambar 2.4. Struktur Double Wall

2.3 Pengujian Bahan Baku Kertas

Kertas *liner* adalah bahan utama untuk pembuatan berbagai karton dan kemasan. Kualitas dan kekuatan kertas bergelombang akan secara langsung mempengaruhi kualitas karton atau kemasan. Persyaratan untuk kualitas dan kekuatan kertas bergelombang tunduk pada pengaruh dan batasan proses produksi dan operasi, dan di sisi lain, persyaratan untuk produk yang akan dikemas dan penggunaan yang dimaksudkan. Oleh karena itu, pengukuran ketat berbagai aspek indeks kekuatan kertas bergelombang sangat penting dalam pencetakan kemasan dan produksi, dan sangat penting untuk memastikan kualitas dan kinerja produk[8].

Pengambilan sampel adalah langkah pertama dalam pengukuran papan bergelombang yang akurat. Pengambilan sampel harus dapat mewakili karakteristik seluruh batch produk sejauh mungkin, tetapi sesedikit mungkin. Standar Cina adalah 3% hingga 5%, dan juga dapat dijadikan sampel sesuai dengan skala dan situasi produksi spesifik. Setelah pengambilan sampel, pelat kertas diproses sehingga data yang diukur diambil dalam kondisi tertentu, dan data tersebut dapat dibandingkan dalam kondisi yang sama. Kelembaban dan suhu udara memiliki dampak besar pada

sifat fisik dan mekanik kertas. Hal ini diperlukan untuk melakukan kontrol kelembaban yang tepat sebelum pengukuran. Di bawah ini kami memperkenalkan indeks kekuatan dan metode pengujian kertas *liner*[8].

2.3.1 Tes *Gramatur* Kertas

Gramatur adalah massa lembaran kertas atau karton dalam gram dibagi dengan satuan luas kertas atau karton dalam meter persegi, diukur pada kondisi standar[8].

Gramatur dan ketebalan memiliki hubungan yang sangat erat satu sama lain, dimana nilai gramatur kertas menurun maka nilai ketebalan kertas juga menurun. Hal ini disebabkan karena formulasi gramatur dapat diperoleh dari perbandingan berat kertas (g) dengan luasan kertas (m²). Prosedur penelitian mengacu kepada SNI 14–0439–1989 yaitu sampel dipotong dengan ukuran 10 cm x 10 cm. Kemudian diukur luas potongan sampel dan ditimbang massa dari potongan sampel. Pengujian sampel diulangi 10 kali. Gramatur kertas dihitung dengan rumus berikut ini[8].

$$G = \frac{A}{a} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

G = Gramatur lembaran (gsm);

A = Massa lembaran yang diuji (g); dan

a = Luas lembaran yang diuji (m²).

2.3.2 Tes *Moisture* Kertas

Pengukuran dan pengendalian kadar air dalam industri pulp dan kertas dapat mempengaruhi kualitas produk, hasil produksi dan efisiensi pemrosesan harga pembelian serpihan kayu, pulp, dan produk kertas yang dikonversi serta biaya. Deteksi kadar air yang tidak tepat, kualitas kertas menjadi rendah dan terjadi pemborosan[9].

Technical Association of Pulp and Paper Industry (TAPPI) T 412 om-16 menyebutkan bahwa pengukuran kadar air dalam pulp dan kertas digunakan terutama karena efeknya pada sifat pulp dan kertas seperti kemampuan cetak, penyusutan, stabilitas dimensi, kekuatan fisik, dan kemampuan menjalankan kertas.. Dalam metode analisis kadar air ini dibutuhkan 3 alat yaitu wadah timbang (*weighing container*), *drying oven*, dan neraca analitik. Hal itu berarti, bahwa dalam metode ini menggunakan metode gravimetri dalam menentukan kadar air[9].

Prinsip dari metode gravimetri menggunakan oven pengering yaitu sampel kertas ditimbang dan dikeringkan hingga berat konstan dalam oven konveksi pada suhu 105 °C. Perbedaan berat kertas sebelum dan sesudah dikeringkan yang disebabkan oleh kelembapan dihitung sebagai persentase dari berat kering kertas. Teknik pengukuran termogravimetri merupakan teknik referensi utama yang dapat juga digunakan untuk mengkalibrasi alat pengukur kadar air yang menggunakan teknologi pengukuran yang berbeda. Keuntungan dari metode ini yaitu *user* dapat menganalisis beberapa sampel secara bersamaan[9].

$$\% \text{ Kadar Air} = (W1 - W2)/W1 \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

W1 = berat spesimen awal

W2 = berat kering spesimen

2.3.3 Ring Crush Test Kertas

Ring Crush Test bertujuan untuk mengukur besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menekan sampai salah satu tepi selembar kertas yang dipasang secara melingkar rusak. Alat yang digunakan untuk test ini adalah *Ringsrush* tester. Pengukuran dilakukan pada kondisi standar dan dinyatakan dalam Kg[10].

$$\text{Ring Crush factor} = \frac{\text{Kekuatan Ring Crush}}{\text{Substance}} \times 100 \dots \dots \dots (2.5)$$

2.3.4 Tes Bursting Kertas

Bursting bertujuan untuk mengukur kekuatan kertas akibat adanya gaya/beban yang menekan tagak lurus permukaan kertas. Kardus akan diuji dengan cara ditekan dengan beban hydraulic, yang mana angka beban maksimum dari pengujian lah yang menentukan kualitas dari sebuah kardus. Pengujian ini menggunakan sistem compression tetapi pada sampel kardus. *Busting* test ini dilakukan untuk menguji ketahanan kardus terhadap bahaya seperti kardus yang terjatuh, tertusuk ataupun kardus yang terbanting[11].

Cara mengukur besarnya *Bursting Strength* adalah Selembar Kertas diletakkan di permukaan datar dan diberi tekanan sebesar 5 kgf dari atas, sementara

di bawah kertas diletakkan membran yang dibawahnya diletakkan sistem hydraulic dengan cairan gliserin. Kemudian diberi tekanan dari bawah dengan sistem hydraulic tersebut, ditambah sedikit demi sedikit sampai akhirnya kertas tersebut pecah. Angka tekanan hydraulic terakhir (maksimum) yang didapatkan pada saat kertas pecah itulah yang dinamakan Bursting Strength dari kertas tersebut[11].

2.4 Pengujian *Corrugated Box*

Proses pembuatan sheet corrugated menggunakan menggunakan mesin corrugator. Pada proses pembuatan sheet single wall diperlukan tiga kertas roll, satu untuk dibentuk menjadi corrugating medium dan dua rol lainnya sebagai liner. Lapisan board bagian atas disebut dengan single face linerboard dan lapisan bawah disebut double face linerboard. Proses pembuatan corrugated sheet single wall diawali dengan proses melemahkan kertas medium dengan uap (steam) dalam sebuah preconditioner kemudian dibentuk menjadi gelombang (flute) dengan cara menekan diantara dua corrugating roll. Setelah ditekan diantara dua corrugating roll, kertas medium berubah bentuknya menjadi flute. Kemudian pada puncak – puncak gelombang diberi lapisan glue yang terbuat dari bahan dasar tapioka. Flute yang sudah diberi glue kemudian ditempelkan pada linerboard dan dipress dengan pressroll menjadi single facer. Sebelum ditempelkan dengan flute kertas liner terlebih dahulu dipanaskan dengan pre-heater. Selanjutnya dilakukan penambahan lapisan linerboard kedua. Lapisan ini sebelumnya juga dipanaskan dengan pre heater dan glue yang diberikan pada puncak flute bagian luar sehingga menempel dengan lapisan liner kedua tersebut[12].

Untuk mengetahui karakteristik bahan material perlu dilakukan pengujian. Pengujian biasanya dilakukan terhadap sampel uji bahan yang dipersiapkan menjadi specimen atau batang uji dengan bentuk ukuran yang standar. Demikian juga prosedur pengujian harus dilakukan dengan cara-cara standar, kemudian dari hasil pengukuran pada pengujian diambil kesimpulan mengenai karakteristik mekanik yang diuji. Beberapa pengujian mekanik yang banyak dilakukan adalah pengujian tarik (*tensile test*), pengujian pukul takik (*impact test*), pengujian kekerasan (*hardness test*), kadang-kadang juga pengujian *compression test* [13]. Berikut adalah proses pengujian *compression test* pada *sheet corrugated*.

2.4.1 *Flat Crush Test*

Ketahanan tekan datar atau yang lebih dikenal dengan istilah FCT (*Flat Crush Test*) adalah kekuatan atau daya tahan dari *corrugated sheet* atau box ketika mendapatkan tekanan yang arahnya tegak lurus terhadap bidang permukaan *corrugated sheet* tersebut. FCT dilakukan untuk menentukan kekuatan gelombang (*flutes*) menahan tekanan sebelum akhirnya roboh. Bagian Pengawasan Mutu melakukan tes ini sebelum dan sesudah konversi menjadi kotak karton gelombang, karena selama proses konversi, ketahanan kompresi dari *flutes* atau gelombang menurun setelah melalui proses *die-cutting* dan *flexo-printing*. Test ini harus dilakukan pada beberapa bagian dari *corrugated sheet*, karena permukaan sheet belum tentu sama, dengan begitu akan didapatkan hasil rata-ratanya [7]. Test ini memiliki rumus yaitu:

$$FCT(\text{Kgf/cm}^2) : \text{Ketahanan Tekanan (kN)} \times 102 : \text{Luas Sample (32.30cm}^2) \dots (2.5)$$

Pada saat dilakukan tes pada mesin akan muncul angka yang berarti adalah Ketahanan Tekanan. Kemudian setelah diketahui ketahanan tekanannya, maka dapat dihitung *Flat Crush* dari corrugated sheet tersebut. *Flat crush* yang di periksa adalah angka flat crush sebelum dicetak dan setelah dicetak. Lalu dihitung berapa penurunannya. Apabila penurunan *flat crush* sebelum dicetak dan setelah dicetak hanya sedikit, maka box tersebut tidak mendapat tekanan yang terlalu berat pada saat dicetak dan pada proses die-cutting. Sebaliknya apabila penurunan flat crush sebelum dicetak dan setelah dicetak terlalu banyak, maka box tersebut mendapat tekanan yang terlalu berat (*overpress*) pada saat dicetak dan pada proses *die-cutting*[7].



Gambar 2.5. Uji *flat crush test*



Gambar 2.6. Mesin Uji FCT

2.4.2 *Edge Crush Test*

Uji edge crush adalah metode pengujian laboratorium yang digunakan untuk mengukur kekuatan melintang sampel sheet gelombang dalam skala yang lebih kecil dari kotak. Ketahanan terhadap *edge crush test*, dinyatakan dalam kilonewton per meter (kN/m). dimana nilai rata-rata gaya maksimum dan diukur dalam newton[14].

Salah satu estimasi empiris yang umum dijadikan referensi diterbitkan oleh McKee pada tahun 1963. Estimasi ini menggunakan papan ECT, kekakuan lentur MD dan CD, keliling kotak, dan kedalaman kotak. Penyederhanaannya menggunakan rumus yang melibatkan papan ECT, tebal papan, dan keliling kotak[14].

2.5 Pengujian *Box Compression Test*

Kotak karton gelombang harus memenuhi standar nilai *Box Compression Test* (BCT) untuk menunjang penggunaan kemasan karton gelombang tersebut. Syarat yang paling penting dari Kotak Karton Gelombang (KKG) sebagai kemasan adalah daya muat (containability) dan kemampuan untuk ditumpuk (stacking strength). Besarnya beban yang diperlukan untuk menekan kemasan kotak hingga berubah bentuk (collapse) dan diukur pada kondisi standard disebut Box Compression Test (BCT). BCT diperlukan untuk menentukan seberapa besar daya tekan maksimal yang bisa diberikan agar karton box tidak sampai rusak. Dalam hal ini stacking atau tumpukan maksimal waktu penyimpanan barang yang dikemas dengan karton box harus memperhatikan besarnya BCT tersebut[15].

Rumus Estimasi perhitunga BCT menurut MC Kee:

$$BCT = 5.876 \times ECT \times \sqrt{U} \times \sqrt{d} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

BCT = Nilai Kekuatan Kotak

U = ketebalan kotak

$d = \text{Keliling Permukaan Kotak} = 2(\text{Panjang} + \text{Lebar})$