

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Pada penelitian ini akan dihitung beban internal dan beban eksternal yang akan dihadapi oleh bangunan menara sehingga akan disesuaikan dengan komposisi bahan-bahan yang tepat dalam pembangunan sebuah bangunan menara.

Dari hasil pengamatan yang dilakukan, didapatkan data fluktuasi laju perubahan angin yang dalam penelitian akan dikonversi menjadi beban yang akan digunakan dalam perhitungan perolehan beban eksternal.

Perolehan data kecepatan angin melalui dataloger dengan selang waktu yang bervariasi berdasarkan pada perubahan laju yang signifikan dari fenomena alam yang terjadi. Berikut perolehan dataloger kecepatan angin dari pukul 00:05:23 WIB sampai dengan pukul 20:02:29. WIB yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Data Kecepatan Angin

Waktu (WIB)	Kecepatan angin (mph)
Pukul 00:05:23	8,21
Pukul 01:43:46	0
Pukul 02:07:56	1,47
Pukul 03:00:57	3,17

Pukul 04:00:54	4,09
Pukul 05:00:55	5,38
Pukul 06:20:19	6,04
Pukul 07:41:15	5,89
Pukul 08:06:04	7,26
Pukul 09:14:11	13,74
Pukul 10:02:58	12,76
Pukul 11:00:42	7,83
Pukul 12:03:38	6,71
Pukul 13:26:22	4,77
Pukul 14:02:31	7,85
Pukul 15:00:59	10,9
Pukul 16:00:54	11,43
Pukul 17:01:44	10,79
Pukul 18:21:07	4,91
Pukul 19:00:22	8,04
Pukul 20:02:29	2,45

4.2 Pembahasan

4.2.1 Menghitung Beban Internal

Beban internal dari sebuah bangunan adalah jumlah total berat atau masa dari bahan yang digunakan dalam pembangunan konstruksi dari bangunan tersebut tanpa dipengaruhi beban yang lainnya dapat juga dikatakan semua muatan atau beban yang berasal dari berat bangunan dan atau unsur bangunan , termasuk segala unsur tambahan yang merupakan satu kesatuan dengannya. Begitu juga dengan beban internal dari sebuah bangunan menara, Merupakan jumlah total dari bahan-bahan yang digunakan dalam pembangunan.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembangunan sebuah bangunan menara antara lain : batu bata, pasir, batu splite(koral), semen dan besi berdiameter 10mm sebagai pilar dan cakar besi bangunan.

Jika diketahui bahwa rencana tinggi bangunan menara yang akan dibangun adalah 15m, panjang menara adalah 4m dan lebar menara adalah 3m serta untuk memudahkan dalam segala perhitungan ditentukan bahwa menara kincir angin yang akan dibangun adalah berbentuk balok, maka akan didapat beban internal adalah sebagai berikut:

Diketahui:

Panjang = 4m, lebar = 3m, tinggi = 15m

Yang pertama dicari adalah volume bangunan, karena bangunan menara berbentuk balok maka persamaan untuk memperoleh volumenya adalah:

$$V = p \cdot l \cdot t$$

Atau

Volume = panjang bangunan . lebar bangunan . tinggi bangunan

Jadi ,

$$\text{Volume} = 3\text{m} \cdot 4\text{m} \cdot 15\text{m} = 180\text{m}^3$$

Dengan demikian didapatkan volume bangunan menara yaitu 180m^3 .

Selanjutnya akan dihitung beban internal bangunan, menurut (Sunggono, 2009) dalam buku *teknik-sipil* aturan penentuan beban atau muatan menurut bahannya setiap meter kubik dari bangunan memiliki ukuran berat yaitu 500 kg/m^3 , maka

$$\text{Beban internal} = \text{volume menara} \cdot 500 \text{ kg/m}^3$$

$$= 180 \text{ m}^3 \cdot 500 \text{ kg/m}^3$$

$$= 90.000 \text{ kg}$$

Atau

Beban internal = 90 ton

Jadi didapatkan beban internal dari keseluruhan bangunan menara adalah sebesar 90.000 kg atau 90 ton.

4.2.2 Menghitung Beban Eksternal

Beban eksternal adalah beban yang dipengaruhi oleh beban yang lain, dalam hal ini beban eksternal yang mempengaruhi beban dari bangunan menara adalah beban yang diciptakan oleh fluktuasi laju angin.

Karena rancangan bangunan menara yang akan dibangun merupakan bangunan menara turbin (kincir angin), maka angin yang diterima oleh turbin (kincir angin) akan dikonversi menjadi beban bagi menara. Selain itu beban menara juga akan dipengaruhi oleh pembeban turbin (kincir angin) dan luas baling-baling turbin (kincir angin). Dalam penelitian ini akan ditentukan pembeban turbin yang digunakan adalah beban yang beratnya 20kg, 40kg, 60kg, 80kg, dan 100kg serta luas baling-baling turbin (kincir angin) adalah 12m^2 .

Fluktuasi laju angin juga akan berubah di setiap jamnya, dari data fluktuasi yang didapatkan dalam penelitian perolehan dataloger kecepatan angin dari pukul 00:05:23 WIB sampai dengan pukul 20:02:29 WIB yang telah disajikan dalam data pembahasan diatas.

Berdasarkan perolehan dataloger kecepatan angin dari pukul 00:05:23 WIB sampai dengan pukul 20:02:29 WIB, berat pembobot turbin yang ditentukan yaitu : 20kg, 40kg, 60kg, 80kg dan 100kg dan luas baling-baling adalah 12m^2 maka, dapat dihitung beban eksternal yang akan dihadapi oleh bangunan menara yang akan dibangun.

Menurut (Sunggono, 2009) dalam buku *teknik-sipil* model matematika yang digunakan dalam menghitung beban eksternal dari bangunan menara adalah dengan mengalikan antara kacepatan laju fluktuasi angin dengan luas baling-baling turbin (kincir angin) dan beban pembobot turbin (kincir angin).

$$B_{\text{Eksternal}} = \text{kecepatan flukuasi laju angin} \bullet L_{\text{baling-baling}} \bullet \text{Beban pembobot turbin.}$$

Adapun hasil dari perhitungan beban eksternal adalah sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Beban Eksternal

Waktu (pukul WIB)	kecep atan (mph)	Luas baling² (m²)	Hasil beban 20kg	Hasil beban 40kg	Hasil beban 60kg	Hasil beban 80kg	Hasil beban 100kg
00:05:23	8,21	12	1970,4	3940,8	5911,2	7881,6	9852
01:43:46	0	12	0	0	0	0	0
02:07:56	1,47	12	352,8	705,6	1050,4	1411,2	1764
03:00:57	3,17	12	760,8	521,6	2282,4	3043,2	3804
04:00:54	4,09	12	981,6	1963,2	2944,8	3926,4	4908
05:00:55	5,38	12	1291,2	2582,4	3873,6	5164,8	6456

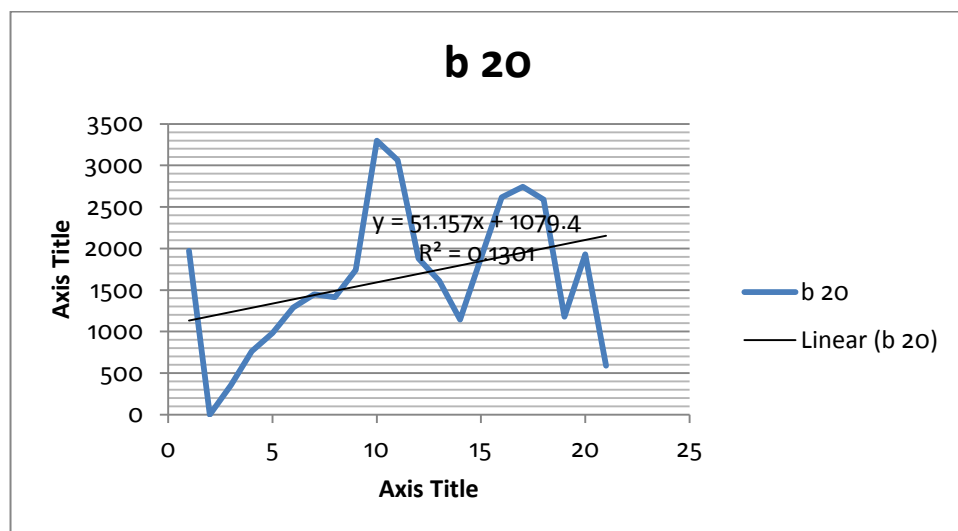
06:20:19	6,04	12	1449,6	1948,8	4348,8	5798,4	7248
07:41:15	5,89	12	1413,6	2827,2	4240,8	5654,4	7068
08:06:04	7,26	12	1742,4	3484,8	5227,2	6969,6	8712
09:14:11	13,74	12	3297,6	6595,2	9892,8	13190,4	16488
10:02:58	12,76	12	3062,4	6124,8	9187,2	12249,6	15312
11:00:42	7,83	12	1879,2	3758,4	5637,6	7516,8	9396
12:03:38	6,71	12	1610,4	3220,8	4831,2	6441,6	8052
13:26:22	4,77	12	1144,8	2289,6	3434,4	4579,2	5724
14:02:31	7,85	12	1884	3768	5652	7536	9420
15:00:59	10,9	12	2616	5232	7848	10464	13080
16:00:54	11,43	12	2743,2	5486,4	8229,6	10972,8	13716
17:01:44	10,79	12	2589,6	5179,2	7768,8	10358,4	12946
18:21:07	4,91	12	1178,4	2356,8	3535,2	4713,6	5892
19:00:22	8,04	12	1929,6	3859,2	5788,8	7718,4	9648
20:02:29	2,45	12	588	1176	1764	2352	2940

Berdasarkan perhitungan beban eksternal didapatkan beban eksternal maksimum dan beban eksternal minimum. Beban eksternal maksimum didapatkan sebesar 16488 kg yaitu pada pukul 09:14:11 dengan kecepatan angin 13,74 mph dan beban pembeban baling-baling seberat 100kg, sedangkan beban eksternal minimum adalah sebesar 0kg yaitu pada pukul 01:43:46 dengan kecepatan angin adalah 0 mph. Dapat diperkirakan bahwa pada pukul 09:14:11 angin yang bergerak disekitar bangunan menara sangat kencang sehingga menyebabkan baling-baling turbin (kincir angin) bergerak cepat dan menghasilkan beban yang

tinggi sedangkan pada pukul 01:43:46 tidak ada angin yang bergerak disekitar bangunan menara sehingga menyebabkan baling-baling turbin (kincir angin) tidak bergerak sama sekali sehingga tidak menimbulkan beban bagi bangunan manara.

Menurut data hasil penelitian yang didapatkan pemodelan matematika yang tepat digunakan adalah pemodelan kuadrat satu (linear). Dibawah ini telah didapatkan pemodelan matematika yang tepat dalam perhitunga beban eksternal dari bangunan menara turbin (kincir angin).

- 1) Grafik dan Pemodelan beban eksternal menara turbin (kincir angin) untuk berat pembobot turbin 20kg adalah :

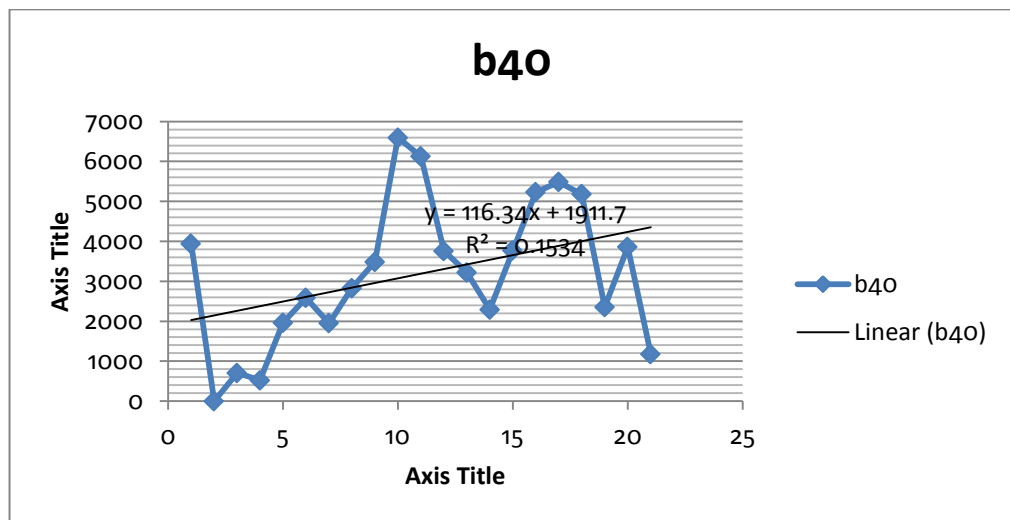


Gambar 1. Grafik pemodelan beban eksternal bangunan menara dengan pembobot turbin (kincir angin) 20kg

Dari gambar di atas, persamaan yang didapat pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin) yang didekati dengan fungsi linier adalah $y = 51,15x + 1079$. Dengan koefisien determinan (R^2) sebesar 0,130.

Dapat dikatakan bahwa pendekatan dengan fungsi linier kurang baik untuk digunakan pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin).

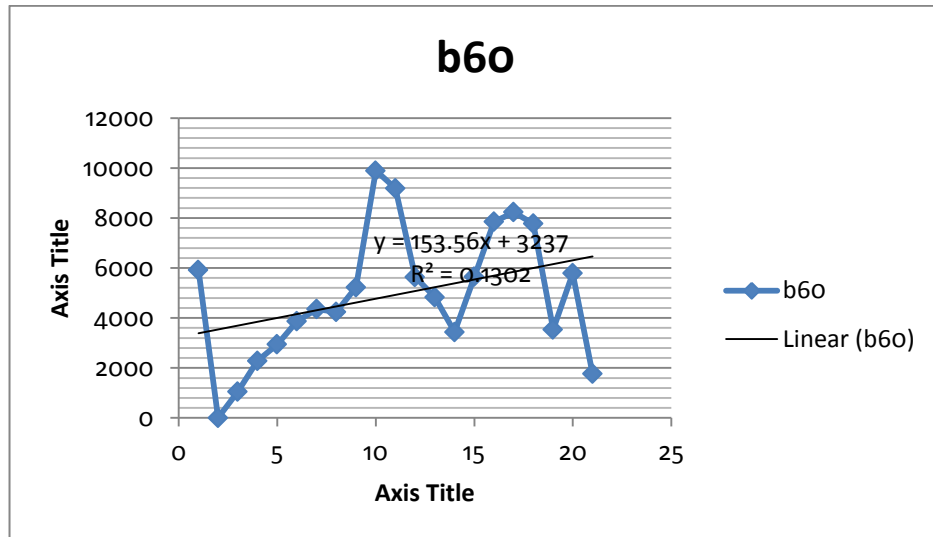
- 2) Grafik dan Pemodelan beban eksternal menara turbin (kincir angin) untuk berat pembobot turbin 40kg adalah :



Gambar 2. Grafik pemodelan beban eksternal bangunan menara dengan pembobot turbin (kincir angin) 40kg

Dari gambar di atas, persamaan yang didapat pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin) yang didekati dengan fungsi linier adalah $y = 116,3x + 1911$. Dengan koefisien determinan (R^2) sebesar 0,153. Dapat dikatakan bahwa pendekatan dengan fungsi linier kurang baik untuk digunakan pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin).

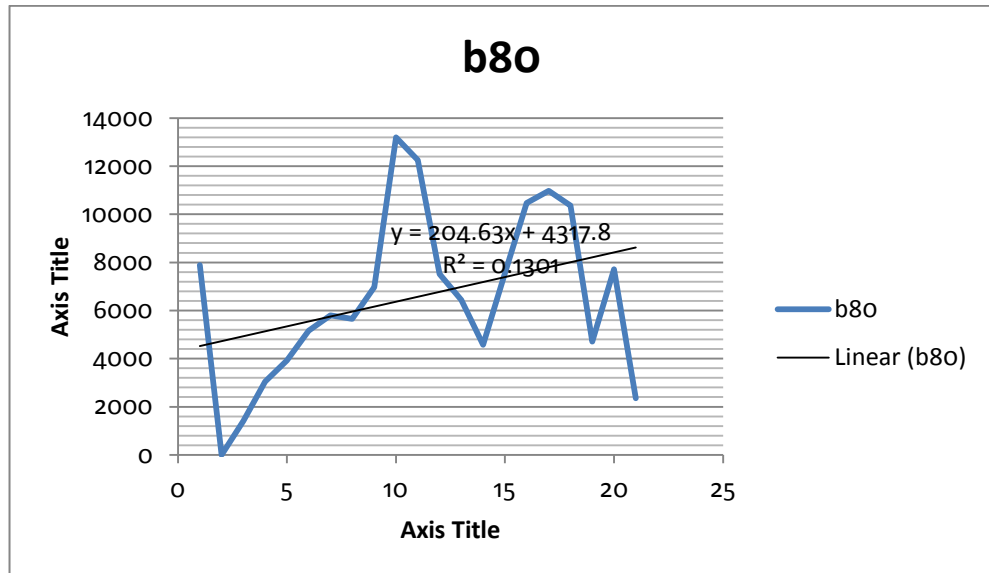
- 3) Grafik dan Pemodelan beban eksternal menara turbin (kincir angin) untuk berat pembobot turbin 60kg adalah :



Gambar 3. Grafik pemodelan beban eksternal bangunan menara dengan pembobot turbin (kincir angin) 60kg

Dari gambar di atas, persamaan yang didapat pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin) yang didekati dengan fungsi linier adalah $y = 153,5x + 3237$. Dengan koefisien determinan (R^2) sebesar 0,130. Dapat dikatatakan bahwa pendekatan dengan fungsi linier kurang baik untuk digunakan pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin).

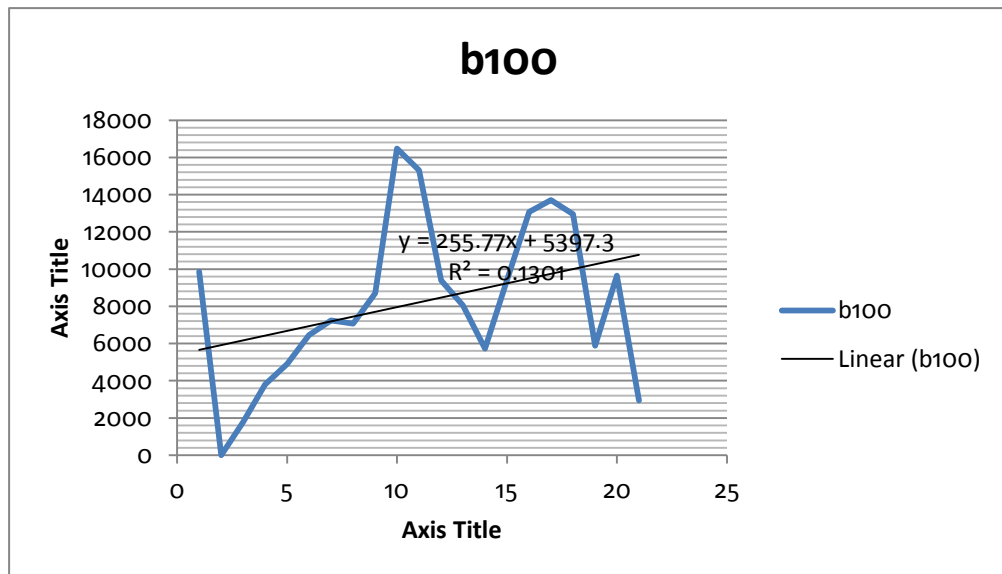
- 4) Grafik dan Pemodelan beban eksternal menara turbin (kincir angin) untuk berat pembobot turbin 80kg adalah :



Gambar 4. Grafik pemodelan beban eksternal bangunan menara dengan pembobot turbin (kincir angin) 80kg

Dari gambar di atas, persamaan yang didapat pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin) yang didekati dengan fungsi linier adalah $y = 204,6x + 4317$. Dengan koefisien determinan (R^2) sebesar 0,130. Dapat dikatatakan bahwa pendekatan dengan fungsi linier kurang baik untuk digunakan pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin).

- 5) Grafik dan Pemodelan beban eksternal menara turbin (kincir angin) untuk berat pembobot turbin 100kg adalah :



Gambar 5. Grafik pemodelan beban eksternal bangunan menara dengan pembobot turbin (kincir angin) 100kg

Dari gambar di atas, persamaan yang didapat pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin) yang didekati dengan fungsi linier adalah $y = 255,7x + 5397$. Dengan koefisien determinan (R^2) sebesar 0,130. Dapat dikatakan bahwa pendekatan dengan fungsi linier kurang baik untuk digunakan pada model hasil beban eksternal menara turbin (kincir angin).

Terlihat bahwa di setiap model yang terbentuk dari semua grafik terdapat sebuah koefisien determinasi (R^2). Koefisien determinasi adalah proporsi total variasi

keseluruhan dalam nilai variabel dependen yang dapat diterangkan atau diakibatkan oleh hubungan linier dengan nilai variabel dependen. Persamaan umum yang digunakan untuk menentukan nilai R^2 adalah :

$$R^2 = \frac{\sum(\hat{y}-\bar{y})^2}{\sum(y-\bar{y}^2)}$$

$$= 1 - \frac{\sum(y-\hat{y})^2}{\sum(y-\bar{y}^2)}$$

karena penulis menggunakan software *microsoft excel*, maka R^2 tidak harus dicari secara manual.

4.2.3 Penentuan Komposisi dan jumlah Bahan-Bahan

Pada penelitian telah dihitung beban internal dan beban eksternal yang akan dihadapi atau disangga oleh bangunan menara. Untuk mengantisipasi agar bangunan menara kuat dan mampu menyangga beban-beban tersebut, maka diperlukan komposisi yang tepat agar kualitas bangunan menara tidak diragukan.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembangunan bangunan menara antara lain : batu bata, batu splite (koral), pasir, semen (sebagai bahan pembuat cor beton), besi pilar dan cakar besi. Pada penentuan komposisi bahan- bahan tersebut harus tepat.

1) Pondasi atau cakar

Pada pembangunan bangunan menara digunakan pondasi tapak atau pondasi cakar ayam. Pondasi cakar ayam sangat dibutuhkan apabila kita akan membuat sebuah bangunan yang memiliki beban tetap yang berat.

Ketika kita akan membuat sebuah menara yang tinggi, tentunya kita akan memerlukan pondasi yang kokoh untuk menopang beban di atasnya. Penggunaan pondasi cakar ayam biasanya dikarenakan oleh faktor pengaruh keterbatasan lokasi tanah.

batang besi yang digunakan dalam membuat cakar ayam yaitu besi panjang yang berdiameter 10 mm.

Di bawah ini merupakan beberapa contoh gambar dari pondasi cakar ayam:



Gambar 6. Pondasi cakar ayam



Gambar 7. Cakar ayam



Gambar 8. Pondasi cakar ayam dan pilar

Pondasi cakar ayam merupakan pilihan yang tepat untuk menopang beban bangunan dan ,Untuk membuat sebuah pondasi cakar ayam menara dengan ukuran panjang 4m dan lebar 3m menurut perhitungan yang dilakukan penulis memerlukan besi dengan diameter 10mm sebanyak 117,5 meter.

2) Batu bata

Sebagai pengusun tembok, penggunaan batu bata sudah lama dikenal. Walaupun, kini banyak bahan pengganti untuk membuat tembok, tetapi karena kelebihanannya penggunaan batu bata masih dipertahankan sampai saat ini.

Penggunaan batu bata sebagai bahan pembuat tembok memang cukup beralasan, hal ini dikarenakan batu bata memiliki keunggulan diantaranya : murah, mudah didapat, warna yang unik, kuat, dan penolak panas yang baik.

Untuk mengetahui kekuatan batu bata dapat dilakukan pengujian secara sederhana yaitu dengan cara sebagai berikut : sebuah batu bata diletakkan

di atas dua bata yang lain (setiap bata penumpu menahan $\pm \frac{1}{4}$ panjang bata yang diuji), sehingga $\pm \frac{1}{2}$ panjang bata yang diuji menjadi bebas (tidak tertumpu) kemudian dipijak dengan satu telapak kaki orang dewasa. Apabila bata pecah, maka kualitasnya tidak baik.

Berikut ini adalah contoh batu bata yang biasa digunakan dalam bangunan



Gambar 9. Batu bata

Telah diketahui bahwa ada tiga pilihan penggunaan batu bata pada setiap meter persegi (m^2) sebuah bangunan. antara lain 80 buah bata/ m^2 (dengan luas satu batu bata $125cm^2$), 100 buah bata/ m^2 (dengan luas satu buah batu bata $100cm^2$) atau 110 buah bata/ m^2 (dengan luas satu buah batu bata $90,9cm^2$) tergantung dengan ukuran dan tebal adukan yang digunakan.

Penulis akan membedakan ketiga jenis batu bata tersebut, dengan batu bata jenis A (untuk batu bata dengan luas $125cm^2$), batu bata jenis B (untuk batu bata dengan luas $100cm^2$) dan batu bata jenis C (untuk batu bata dengan luas $90,9 cm^2$).

Maka untuk membuat bangunan menara dengan panjang 4m, lebar 3m dan tinggi 15m serta untuk memudahkan perhitungan diasumsikan bahwa bentuk bangunan menara adalah balok, maka akan ditentukan banyaknya batu bata yang digunakan.

Panjang = 4m, lebar = 3m, tinggi = 15m.

Maka luas bangunan adalah = $(2.p.l) + (2.p.t) + (2.l.t)$

$$=(2.4.3) + (2.4.15) + (2.3.15)$$

$$= 24 + 120 + 90$$

$$= 234 \text{ m}^2$$

Dengan luas bangunan menara sebesar 234m^2 , maka banyaknya batu bata yang digunakan adalah :

$$\text{Batu bata jenis A} = 234\text{m}^2 \cdot 80 \text{ buah bata /m}^2$$

$$= 18720 \text{ buah batu bata}$$

$$\text{Batu bata jenis B} = 234\text{m}^2 \cdot 100 \text{ buah bata /m}^2$$

$$= 23400 \text{ buah batu bata}$$

$$\text{Batu bata jenis C} = 234\text{m}^2 \cdot 110 \text{ buah batu bata/m}^2$$

$$= 25740 \text{ buah batu bata.}$$

3) Cor beton

Cor beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecahan atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Agregat halus dan kasar, disebut sebagai bahan susun kasar campuran, merupakan komponen utama cor beton. Berdasarkan uji elastisitas yang telah dilakukan pada penelitian, yaitu dengan cara :

Cor beton jenis 1, jenis 2, jenis 3, dan jenis 4 akan dites kekuatan komposisi bahannya dengan cara didongkrak atau dihancurkan dengan menggunakan dongkrak hidrolis.

Cor beton yang kuat, pada saat didongkrak tidak mudah retak ataupun hancur.

Setelah melakukan uji elastisitas didapatkan hasil bahwa cor beton jenis 3 dengan komposisi 2 gelas pasir : 2 gelas batu splite : 1 gelas semen (2 : 2 : 1) merupakan cor beton yang paling kuat dibandingkan dengan cor beton jenis 1 dengan komposisi 3 gelas pasir : 2 gelas batu splite : 1 gelas semen (3 : 2 : 1), cor beton jenis 2 dengan komposisi 3 gelas pasir : 1 gelas batu splite : 1 gelas semen (3 : 1 : 1), dan cor beton jenis 4 untuk komposisi 2 gelas pasir : 2 gelas batu splite : 2 gelas semen (2 : 2 : 2).

Pada cor beton jenis 3 perpaduan bahan antara semen, pasir dan batu akan menghasilkan beton yang kuat, tidak mengalami kekurangan ataupun

kelebihan bahan yang menyebabkan kualitas hasil beton yang buruk seperti pada cor beton jenis 1. Jenis 2 dan jenis 4. Pada perpaduan bahan-bahan pada cor beton jenis 1 diindikasikan bahwa adukan mengalami kelebihan komposisi pada bahan pasir, yang mengakibatkan semen sebagai pengikat adukan tidak dapat mengikat dengan sempurna dan menyebabkan cor beton jenis 1 akan mudah sekali retak atau hancur. Pada cor beton jenis 2 juga mengalami kelebihan komposisi pada bahan pasir dan menyebabkan cor beton akan mudah mengalami retak dan hancur, sedangkan pada cor beton jenis 4 jumlah komposisi pada adukan cor beton disama ratakan, komposisi ini juga merupakan komposisi yang kurang tepat dalam pembuatan sebuah cor beton karena akan menghasilkan beton yang juga tidak kuat dan mudah hancur.

Dengan demikian penulis menganjurkan komposisi cor beton yang tepat dan diperkirakan kuat untuk membangun sebuah menara turbin (kincir angin) yang diharapkan mampu untuk menghadapi atau menyangga beban internal dan beban eksternal menara adalah cor beton jenis 3 yaitu dengan komposisi 2 gelas pasir : 2 gelas batu split : 1 gelas semen (2 : 2 : 1).