

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mengenal *Fly ash* dan *Bottom ash*

2.1.1 Material dan Manfaat *Fly Ash* dan *Bottom Ash*

Fly ash dan *bottom ash* (FABA) merupakan limbah B3 yang merupakan limbah yang dihasilkan oleh PLTU dengan memanfaatkan batu bara sebagai bahan bakar yang menghasilkan sumber energi. *Fly ash* dihasilkan dari pembakaran batu bara yang terdiri dari partikel-partikel yang halus. Batu bara yang dibakar dalam boiler menghasilkan abus sisa yang mengapung karena berat jenisnya yang sangat ringan yang disebut *fly ash*. Bersamaan dengan itu, dihasilkan pula gas buangan. Abu yang jatuh ke dasar boiler disebut *bottom ash*. *Bottom ash* memiliki ukuran lebih besar dan lebih berat dari pada *fly ash*, sehingga pada saat pembakaran *bottom ash* akan jatuh di *boiler* dan terkumpul pada *ash hooper* (Kinasti, 2018). *Fly ash* umumnya ditangkap oleh pengendapan elektrostatis atau peralatan filtrasi parikel lainnya sebelum gas buang mencapai cerobong asap. Komponen abu terbang sangat bervariasi tergantung pada sumber dan komposisi batubara yang dibakar, tetapi semua abu terbang mengandung sejumlah besar silikon dioksida (SiO_2) baik itu amorf maupun kristal, aluminium oksida (Al_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), senyawa mineral utama dalam strata batuan pembawa batu bara.

Berikut adalah gambaran *fly ash* dan *bottom ash*, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1 Visualisasi *Fly ash* dan *Bottom ash*

Sumber : Google.com

Fly ash (B409) dan *bottom ash* (B410) FABA dikategorikan sebagai limbah yang mengandung bahan berbahaya, sehingga diperlukan peraturan dan izin pengelolaannya untuk mengurangi dampak lingkungan. Sementara Indonesia saat ini sedang meningkatkan pembangunan infrastruktur. Pembangunan jalan dan perumahan membutuhkan material yang dapat digantikan oleh FABA. Namun berdasarkan hasil penelitian BPPT di PLN, bahwa *fly ash* yang dihasilkan dari pembangkit listrik tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal oleh industri semen, sehingga limbahnya menumpuk dan dapat berdampak bagi lingkungan sekitar. Hal ini berbeda dengan kondisi di beberapa negara lain yang menerapkan regulasi berbeda dalam pengelolaan FABA, sehingga negaranya dapat menggunakan FABA mencapai 97%. *Fly ash* telah berhasil digunakan dalam industri konstruksi sejak lebih dari 50 tahun tetapi penerapannya masih terbatas karena kurangnya pemahaman tentang karakteristik *fly ash* itu sendiri dan sifat-sifat beton yang mengandung *fly ash* (Ageng & Nugroho, 2017). Hal ini juga dikatakan oleh Nath dkk : With right process you can turn it into a useful product Waste is a resource, but in the wrong place The Changing Mindset (S. K. Nath, 2015)

Pada penelitian ini penulis menggunakan material FABA yang telah memenuhi standar SNI dan telah lulus uji TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) dimana ini merupakan uji terhadap lingkungan, dimana ini mengujikan tingkat racun yang dihasilkan produk. Batako FABA sendiri di ambil dari PLTU Paiton yang telah memenuhi standar SNI dan telah lulus uji TCLP. Jadi bahan yang digunakan untuk penelitian ini aman untuk lingkungan maupun penerapan bahan bangunan.

Berikut adalah pemaparan pemanfaatan limbah FABA yang sudah diaplikasikan hingga saat ini.

Tabel 2.1 Pemanfaatan *Fly ash* dan *Bottom ash*

Sumber : (Ansari & Prianto, 2021)

Jenis Pemanfaatan	<i>Fly ash</i>	<i>Bottom ash</i>
Substansi bahan baku untuk material infrastruktur	<ol style="list-style-type: none"> 1. Substansi agregat dalam pembuatan batako, <i>paving block</i> dan genting 2. Campuran dalam pembuatan beton siap pakai 3. Pemanfaatan sebagai <i>subassed</i> jalan 4. <i>Filler Asphalt</i> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Substansi agregat dalam pembuatan batako, <i>paving</i> 2. Pemanfaatan sebagai sub-based jalan
Bahan baku untuk area tambang	Lapisan tudung untuk menetralsisir air asam tambang	--
Substitusi bahan baku untuk industri semen	<ol style="list-style-type: none"> 1. Substitusi material dalam produksi semen dan <i>cement clinkers</i> 2. Kegiatan <i>batching plant</i> untuk menghasilkan produk beton siap pakai 	<i>Bottom ash</i> sebagai substitusi material dalam pabrik semen memerlukan tambahan perlakuan yaitu harus dilakukan penghalusan (<i>grinding</i>) terlebih dahulu

Pemanfaatan FABA menjadi bahan bangunan industri dan pertanian, berikut adalah visualisasi gambar dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2.2 Berbagai Alternatif Hasil Pengolahan Limbah

Sumber : Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral

Walaupun *fly ash* dapat digunakan dalam bentuk kering atau basah, *fly ash* biasanya di simpan dalam kondisi kering. Kira-kira 15 sampai 30 % air dapat ditambahkan pada *fly ash*. Berikut dibahas kontribusi *fly ash* pada pemakaian *portland cement*, batu bata, beton ringan, material konstruksi jalan, material pekerjaan tanah, campuran *grouting*, stabilisasi tanah untuk konstruksi jalan maupun stabilisasi tanah untuk tanah-tanah yang bermasalah di Indonesia.

Fly ash dibagi menjadi dua kelas yaitu *fly ash* kelas F batubara merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batubara anthracite atau bituminous, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat cementitious harus diberi penambahan quick lime, hydrated lime, atau semen. *Fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah ($\text{CaO} < 10\%$) sedangkan satu lagi yaitu kelas C dimana *fly ash* ini diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan untuk mengeras dan menambah strength apabila bereaksi dengan air) dan sifat ini timbul tanpa penambahan kapur. Biasanya mengandung kapur ($\text{CaO} > 20\%$) (Wardani, 2008).

Ketika mengolah limbah batubara bottom ash dapat dihasilkan dengan kemungkinan keberhasilan sebesar 80 – 90%, *bottom ash* (BA) adalah bahan limbah yang dihasilkan dari pembakaran batu bara, *bottom ash* memiliki sifat fisis (berpori) memiliki massa jenis sebesar 2.230 kg/m^3 , serta ukuran partikel nya 0,5 – 2 mm. Gambaran penampilan fisik *bottom ash* menyerupai pasir dengan gradasi pasir yang halus dan besar, butiran *bottom ash* membuat para peneliti tertarik menggunakannya sebagai bahan pengganti dalam produksi beton (Singh & Siddique, 2016). Bahan campuran beton dengan menggunakan bottom ash sebagai bahan pengganti agregat halus menghasilkan beton dengan kekuatan tekanan dan ketahanan yang lebih rendah dibandingkan dengan campuran tanpa bottom ash. Ini berkaitan erat dengan kuat tekanan beton dimana semakin tinggi kuat tekanan maka semakin tinggi pula tekanan abstrasis nya.

Menurut Nath dkk , dalam paparannya berjudul “Fly ash: Looking beyond the conventional use”, dikatakan bahwa 72% FABA digunakan pada sektor Semen dan Material bangunan (S. K. Nath, 2015). FABA dapat digunakan untuk pembuatan substitusi bahan baku bangunan seperti batu bata, semen dan juga batako dimana FABA memiliki sifat / fungsi yang sama dengan bahan baku yang disubstitusikan, namun FABA memiliki kelebihan yaitu memiliki daya tekan sebesar 30 – 40% lebih kuat dibandingkan batu bata (Hendro Suseno, 2012). Selain itu batu bata dengan material FABA dikatakan ramah lingkungan karena mengurangi polusi dan juga pembuatannya jauh lebih murah 20% dibandingkan dengan pembuatan batu bata menggunakan tanah liat. FABA memiliki kelenturan lebih baik 5% dibandingkan dengan batu bata dengan tanah liat (Sivakumar & Kameshwari, 2015).

Berikut adalah gambar pemanfaatan limbah FABA menjadi salah satu bahan bangunan yaitu batako.



Gambar 2.3 Pemanfaatan Limbah FABA
Sumber : Petrominer.com

2.1.2 Kandungan Dalam *Fly ash* dan *Bottom ash*

Analisa material ini dilakukan pada material fly ash dan bottom ash. Hal ini bertujuan untuk mengetahui penggolongan tipe fly ash yang digunakan dan juga kandungan oksida bottom ash. Hasil XFR fly ash dan bottom ash dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.2 Perbandingan Berat Komposisi Oksida *Fly Ash*
Sumber : (Klarens K, 2018)

FA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO
%	34,29	16,62	15,38	0,73	18,18	7,52
	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	MnO ₂	P ₂ O ₅	LOI
	1,35	2,97	1,63	0,17	0,25	0,36

Tabel 2.3 Perbandingan Berat Komposisi Oksida *Bottom Ash*
Sumber :

BA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO
%	34,29	10,02	18,41	0,65	21,16	9,70
	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	MnO ₂	P ₂ O ₅	LOI
	0,90	0,24	0,66	0,22	0,25	0,54

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa fly ash yang dihasilkan merupakan fly ash tipe C dengan kandungan CaO diatas 10%. Fly ash mempunyai hampir semua bahan mineral yang bersifat reaktif, dimana memiliki sifat pozzolan (mengikat) dan juga sifat seperti semen. Fly ash memiliki kadar bahan dasar semen yang tinggi ketika bereaksi dengan kapur bebas dan dapat mengikat temperatur udara dengan bercampurnya dengan air. Sedangkan bottom ash cenderung memiliki kandungan garam dan pH rendah yang dapat menimbulkan sifat korosi pada struktur baja jika bersentuhan dengan campuran yang mengandung bottom ash .

2.1.3 Trend Pemanfaatan *Fly ash* dan *Bottom ash*

Dilansir (OKEZONE, 2022) limbah FABPT PLN (Persero) tengah intens menjalin komunikasi dengan Direktorat Jenderal Minerba sebagai pengelola sektor minerba agar pemanfaatan Fly Ash Bottom Ash (FABA) atau limbah padat hasil sisa pembakaran di PLTU dalam skala yang lebih luas segera terwujud. Selain itu untuk pengembangan infrastruktur, jalan nasional dan waduk. FABA juga dapat digunakan sebagai bahan rehabilitasi paska tambang. Intinya FABA memberi mafaat dan baik serta ramah lingkungan. Punya nilai tambah ekonomi dan juga bukan menjadi ancaman bagi lingkungan hidup.



Gambar 2.4 Sektor Properti dan Batubara

Sumber : okezonefinance.com

Menurut jurnalis Taufik Fajar yang dilansir di (Finance, 2022), Fly Ash dan Bottom Ash (FABA) harus tetap dikelola. FABA sebagai limbah B3 dan limbah nonB3 yang telah diatur dalam Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan, tetap memiliki kewajiban untuk dikelola hingga memenuhi standar dan persyaratan teknis yang ditetapkan. Selain itu menegaskan, material FABA yang merupakan limbah hasil sisa pembakaran di PLTU menjadi limbah nonB3. Hal tersebut disebabkan karena pembakaran batubara di kegiatan PLTU dilakukan pada temperatur tinggi, sehingga kandungan unburnt carbon di dalam FABA menjadi minimum dan lebih stabil saat disimpan.

Menurut media (Channel, 2021) Setelah dicabut sebagai Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), PT Perusahaan Listrik Negara, Tbk (Persero) akan mengoptimalkan pemanfaatan Fly Ash dan Bottom Ash (FABA), atau limbah padat yang dihasilkan dari proses pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU). Selain itu telah melakukan berbagai uji coba dan mengembangkan agar FABA hasil pembakaran di PLTU bisa dimanfaatkan dan hasilnya sangat menggembirakan. FABA bisa dimanfaatkan untuk bahan penunjang infrastruktur seperti jalan, conblock, semen, hingga pupuk.

PT Pembangkit Jawa-Bali (PJB), Unit Bisnis Jasa Operasi dan Perawatan (UBJOP) Paiton di Kabupaten Probolinggo, Jawa Timur, selama setahun terakhir memanfaatkan limbah batu bara menjadi bahan bangunan, seperti batu bata dan paving block. Ini merupakan program CSR yang telah dilaksanakan dalam kurun waktu 1 (satu) tahun terakhir, selain itu PLTU Paiton berencana membuat rumah dibangun menggunakan material FABA dengan luasan 120 m² dan juga membantu produksi paving block maupun batu bata untuk produsen lokal sebanyak 450 per hari (News, 2022).



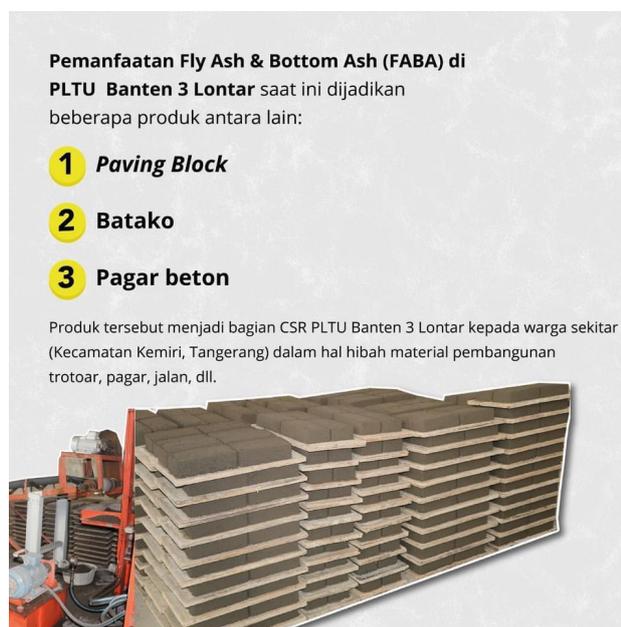
Gambar 2.5 Pelaksanaan Program CSR PLTU Paiton

Sumber : Antaranews.com

Penggunaan beton dengan campuran FABA secara ekonomi dapat menurunkan biaya dibandingkan membuat beton konvensional, sehingga memberikan efisiensi anggaran pembangunan infrastruktur sebesar Rp 4,3 triliun sampai dengan tahun 2028, selain itu pemanfaatan FABA juga berpotensi menyerap tenaga kerja pada usaha mikro dan kecil yang dapat berdampak terhadap pertumbuhan ekonomi. Tak hanya dalam pembangunan infrastruktur, FABA juga dapat dimanfaatkan menjadi material pendukung untuk stabilisasi lahan, reklamasi bekas tambang, hingga sektor pertanian di lansir di (News, 2022).

Di Banten, tepatnya area Lontar, Kecamatan Kemiri, Tangerang, warganya mendapatkan bahan-bahan material yang bermanfaat bagi masyarakat di wilayah tersebut. Bentuk materialnya dari paving block sampai pagar beton.

Ternyata, material tersebut hasil olahan dari Fly Ash & Bottom Ash (FABA) dari PLTU Banten 3 Lontar. FABA merupakan buangan hasil pembakaran dari PLTU yang bersifat non toxic dan dapat dipergunakan kembali (Energi, 2021).



Gambar 2.6 Pemanfaatan Fly Ash & Bottom Ash (FABA) di PLTU Banten 3 Lontar
Sumber : Ruangenergi.com

2.2 Karakteristik Bahan Bangunan Pembentuk Dinding Bangunan

2.2.1 Karakteristik, Sifat dan Konstruksi Bata Merah

Batu bata merupakan salah satu bahan material sebagai bahan pembuat dinding. Batu bata terbuat dari tanah liat yang dibakar sampai berwarna kemerahan. Batu bata merah adalah salah satu unsur bangunan dalam pembuatan konstruksi bangunan yang terbuat dari tanah liat ditambah air atau tanpa bahan campuran lain melalui beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras

seperti batu setelah didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air (Ludy, 2021)

Tahapan pembakaran batu bata ini adalah langkah penentuan batu bata bisa dikatakan berhasil atau kurang berhasil dikarenakan pada tahap ini akan dilakukan pembakaran dan biasanya akan memakan waktu yang cukup lama, langkah selanjutnya yaitu menyusun batu bata mentah yang sudah kering.

Syarat batu bata merah yang baik buatan industri rumah tangga maupun perusahaan bata merah harus mempunyai rusuk – rusuk yang tajam dan bidang siku, bidang – bidang sisi harus datar, tidak terjadi perubahan bentuk yang berlebihan setelah dibakar, permukaan bata merah harus kasar, warna merah seragam (secara merata) dan bunyi nya nyaring ketika diketuk.

Adapun syarat – syarat batu bata merah dalam SNI 15-2094-2000 meliputi beberapa aspek seperti:

a. Pandangan Luar

Batu bata merah harus mempunyai rusuk – rusuk yang tajam dan siku, bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak – retak dan perubahan bentuk yang berlebihan, tidak mudah hancur atau patah, warna seragam, dan berbunyi nyaring ketika dipukul.

b. Ukuran

Standar Bata Merah di Indonesia oleh Y.D.N.I (Yayasan Dana Normalisasi Indonesia) Nomor 15-2094-2000 menetapkan suatu ukuran standar untuk bata merah sebagai berikut: panjang 240 mm dan tebal 52 mm.

c. Kuat Tekan

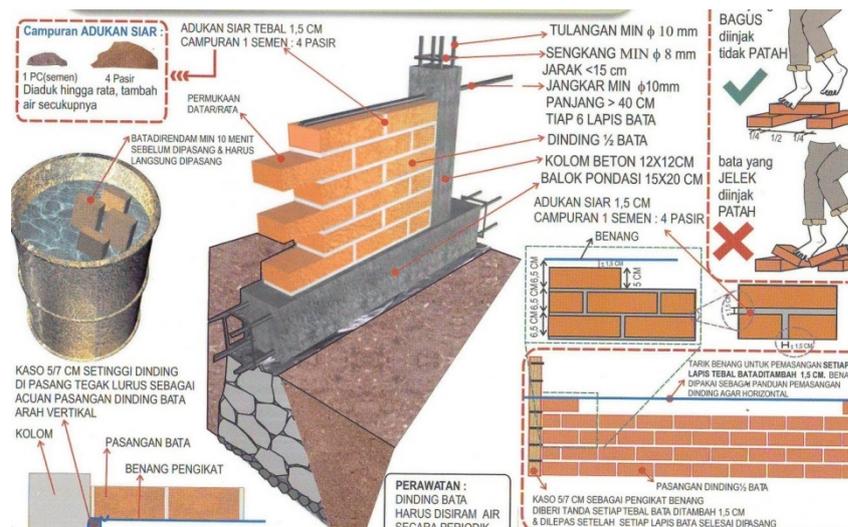
Berikut adalah klasifikasi kuat tekan bata yang ditetapkan oleh SNI 15-2094-2000

Tabel 2.4 Klasifikasi Kekuatan Bata (SNI 15-2094-2000)

Sumber : (SNI 15-2094-2000)

Mutu Bata Merah	Kg/Cm ²	Kuat Tekan Rata - Rata
Tingkat 1 (Satu)	> 100	> 10
Tingkat 2 (Dua)	100	10-8
Tingkat 3 (Tiga)	80-60	8-6

Bata merah mempunyai sifat – sifat panas dan ketebaan total yang lebih baik daripada beton padat. Bata merah dapat disusun 4 kali lebih cepat dan cukup untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Dinding yang dibuat dari bata merah mempunyai keunggulan dalam meredam panas dan suara. Semakin banyak produksi bata merah semakin ramah terhadap lingkungan daripada produksi batu bata tanah liat karena tidak harus dibakar.



Gambar 2.7 Konstruksi Bata Merah

Sumber : Asdar.id

2.2.2 Karakteristik, Sifat, dan Konstruksi Batako Putih

Bata beton atau batako adalah salah satu bahan bangunan yang berupa batu batuan yang pengerasnya tidak dibakar dengan bahan campuran yang berupa pasir, semen, air dan dalam pembuatan tambahan lainnya dapat ditambahkan dengan bahan lainnya,

Bata beton atau yang dikenal di masyarakat umum adalah batako merupakan bahan yang di bentuk dari campuran pasir bercampur dengan

kerikil (agregat) yang dicampur dengan semen Portland dan air untuk mempermudah bahan – bahan pembentuknya dapat dengan mudah tercampur dan bereaksi dengan sempurna (Henri, 2020).

Batako mempunyai sifat – sifat panas dan ketebaan total yang lebih baik daripada beton padat. Batako dapat disusun 4 kali lebih cepat dan cukup untuk semua penggunaan yang biasanya menggunakan batu bata. Dinding yang dibuat dari batako mempunyai keunggulan dalam meredam panas dan suara. Semakin banyak produksi batako semakin ramah terhadap lingkungan daripada produksi batu bata tanah liat karena tidak harus dibakar.

Adapun standar mengenai batako yaitu SNI 03-0349-1989 meliputi aspek sebagai berikut:

a. Pandangan luar

Bidang permukaan batako tidak boleh cacat, dalam pembentukan permukaan desain diperbolehkan untuk membuat sudut rusuk yang mudah dirapihkan dengan kekuatan tangan.

b. Ukuran dan toleransi

Berikut adalah ukuran dari batako, terlampir pada tabel

Tabel 2.5 Ukuran SNI Batako

Sumber : (SNI 03-0349-1989)

Jenis Batako	Ukuran (P x L x T) mm			Tebal dinding sekatan lobang, minimum	
	Panjang	Lebar	Tinggi	Luar	Dalam
1. Pejal	390 + 3 -5	90 ± 2	100 ± 2		
2. Berlobang					
a. Kecil	390 + 3 -5	190 + 3 -5	100 ± 2	20	15
b. Besar	390 + 3 -5	190 + 3 -5	200 ± 2	25	20

c. Syarat fisis

Bata beton harus memenuhi syarat – syarat fisis sesuai dengan tabel berikut:

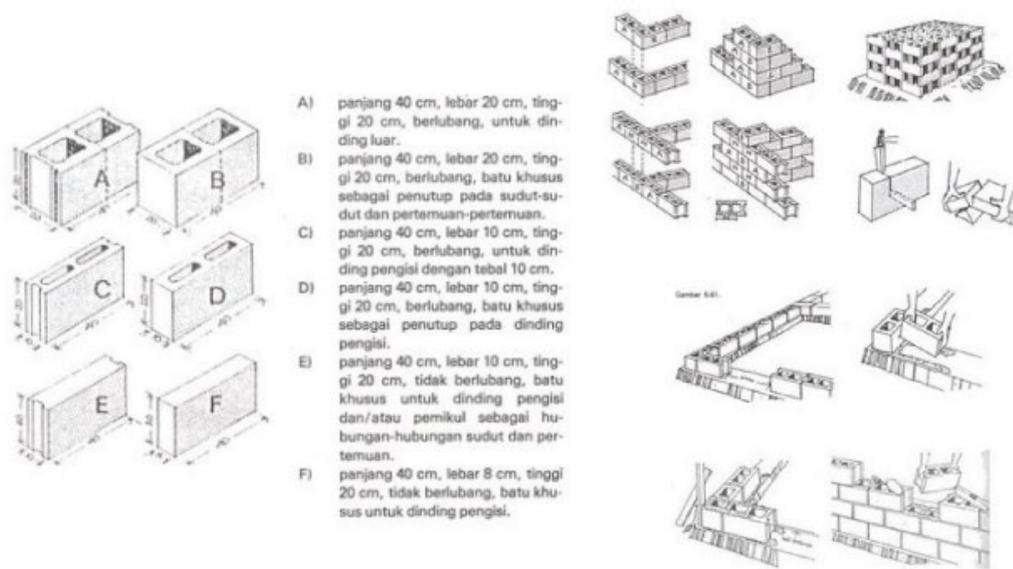
Tabel 2.6 Klasifikasi Kuat Tekan Batako

Sumber : (SNI 03-0349-1989)

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat Mutu Bata Beton Pejal				Tingkat Mutu Bata Beton Berlubang			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
1. Kuat tekan bruto rata-rata min	Kg/cm ³	100	70	40	25	70	50	35	20
2. Kuat-tekan bruto masing-masing benda uji min	Kg/cm ³	90	65	35	21	65	45	30	17
3. Penyerapan air rata-rata, maks	%	25	35	-	-	25	35	-	-

Kuat tekan bruto adalah beban tekan keseluruhan pada waktu benda coba pecah, dibagi dengan luas ukuran nyata dari bata termasuk luas lubang serta cekungan tepi.

Batako merupakan material untuk dinding yang terbuat dari batu buatan / cetak yang tidak dibakar. Terdiri dari campuran tras, kapur (5 : 1), kadang – kadang ditambah PC. Karena dimensinya lebih besar dari bata merah, penggunaan batako pada bangunan bisa menghemat plesteran 75%, berat tembok 50% - beban pondasi bnerkurang. Selain itu apabila dicetak dan diolah dengan kualitas yang baik, dinding batako tidak memerlukan plesteran + acian lagi untuk finishing.



- A) panjang 40 cm, lebar 20 cm, tinggi 20 cm, berlubang, untuk dinding luar.
- B) panjang 40 cm, lebar 20 cm, tinggi 20 cm, berlubang, batu khusus sebagai penutup pada sudut-sudut dan pertemuan-pertemuan.
- C) panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 20 cm, berlubang, untuk dinding pengisi dengan tebal 10 cm.
- D) panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 20 cm, berlubang, batu khusus sebagai penutup pada dinding pengisi.
- E) panjang 40 cm, lebar 10 cm, tinggi 20 cm, tidak berlubang, batu khusus untuk dinding pengisi dan/atau pemikul sebagai hubungan-hubungan sudut dan pertemuan.
- F) panjang 40 cm, lebar 8 cm, tinggi 20 cm, tidak berlubang, batu khusus untuk dinding pengisi.

Gambar 2.8 Konstruksi Batako Putih

Sumber : (SNI 03-0349-1989)

Prinsip pengerjaan dinding batako hampir sama dengan dinding dari pasangan bata, antara lain:

- a. Batako harus disimpan dalam keadaan kering dan terlindung dari hujan.
- b. Pada saat pemasangan dinding, tidak perlu dibasahi terlebih dahulu dan tidak boleh direndam dengan air.
- c. Pemotongan batako menggunakan palu dan tatah, setelah itu dipatahkan pada kayu/ batu yang lancip.
- d. Pemasangan batako dimulai dari ujung-ujung, sudut pertemuan dan berakhir di tengah - tengah.
- e. Dinding batako juga memerlukan penguat/ rangka pengkaku terdiri dari kolom dan balok beton bertulang yang dicor dalam lubang-lubang batako. Perkuatan dipasang pada sudut - sudut, pertemuan dan persilangan.

2.3 Iklim

2.3.1 Iklim Makro dan Iklim Mikro

Iklim makro merupakan keadaan iklim pada suatu tempat tertentu yang memiliki cakupan yang luas dengan kata lain berhubungan dengan atmosfer sekitar. Iklim makro biasanya dipengaruhi dengan kondisi topografis bumi serta perubahan peradaban yang ada dipermukaan. Iklim makro berhubungan dengan intensitas ruang yang besar seperti negara, benua dan juga laut (Jarwa, 2019)

Sebaliknya iklim mikro merupakan suatu keadaan pada tempat tertentu dengan cakupan zona yang lebih kecil dengan kata lain adalah lapisan udara diatas permukaan bumi dalam ranah lingkungan tertentu, dengan kata lain iklim mikro dibatasi oleh ranah arsitektur (Mohammad, 2019). Iklim mikro umumnya berhubungan dengan ruang terbatas, seperti jalan, taman, ataupun desa. Kondisi iklim mikro berisikan data mengenai suhu udara maksimum dan minimum, tingkat kelembaban maksimum dan minimum, jumlah hari ketika terjadi hujan dan perhitungan curah hujan (mm), lamanya penyinaran matahari, kecepatan angin, dan besarnya radiasi sinar matahari (Lippssmeier, 1980; Mangunwijaya, 2000).

2.3.2 Elemen Iklim

Berasal dari bahasa Yunani yaitu *klima* yang artinya kawasan dengan kondisi tertentu yang meliputi berbagai macam aspek yaitu temperatur, kelembaban, angin, dan cahaya. Secara ilmiah iklim dikatakan sebagai suatu integrasi terhadap waktu dari kondisi atmosfer suatu lingkungan serta memiliki karakteristik lokasi georafis. Sedangkan cuaca seperti kondisi sementara dari sebuah atmosfer pada lokasi tertentu, dan iklim berintegrasi dengan waktu terhadap kondisi cuaca. (O.H. Koenigsber, 1974). Iklim memiliki beberapa elemen, diantaranya:

a. Kualitas dan Kuantitas Radiasi Sinar Matahari

Seperti yang kita ketahui bahwa hampir secara keseluruhan bumi menerima energi radiasi dari matahari dimana itu berpengaruh besar terhadap iklim. Matahari memiliki jarak radiasi sebesar 290 hingga 2300 nm. Menurut persepsi rata – rata manusia, radiasi dibagi menjadi 3 bagian, yaitu:

- a. Radiasi Ultra-violet, 290 hingga 380 nm, menghasilkan efek fotokimia, *bleaching*, dan *sunburn*.
- b. Cahaya yang terlihat, 380 (violet) hingga 700 nm (merah)
- c. Radiasi infra merah pendek, 700 hingga 2300 nm, radiasi panas dengan beberapa efek fotokimia.

Menurut altitude distribusi energi dari radiasi matahari memiliki variasi, karena terdapat efek penyaringan dari atmosfer. Gelombang pendek yang diserap atmosfer lalu diradiasikan kembali dalam bentuk gelombang yang lebih panjang, contohnya adalah infra merah panjang yang memiliki panjang diatas 10.000 nm.

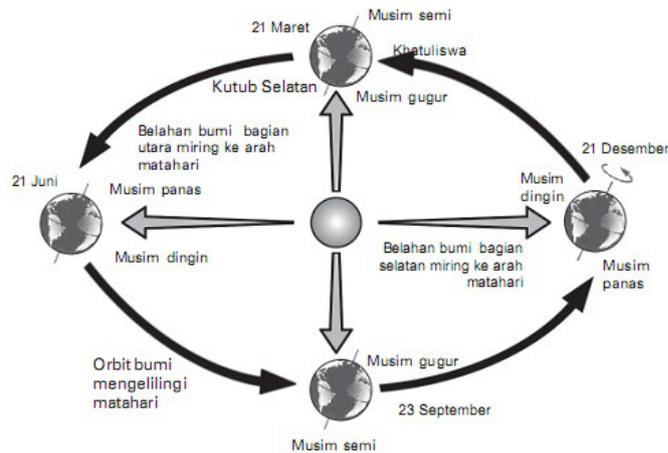
Pencahayaan tidak mempengaruhi efisiensi dari radiasi energi matahari, dikarenakan tidak ada kaitannya antara intensitas radiasi dengan efek pencahayaan yang tergantung pada komposisi spektral. Pada umumnya 100 lumen/watt digunakan untuk radiasi matahari. Untuk setiap 100 lux memiliki intensitas W/m^2 atau 100.000 lux per kW/m^2 .

Kuantitas dari radiasi sinar matahari merupakan intensitas dari radiasi yang mencapai permukaan atmosfer yang memiliki nilai $1395 W/m^2$, akan tetapi ada perbedaan variasi output dari matahari sekitar 2% dan 3 – 5 % akibat dari perubahan jarak antara bumi dan matahari. Bumi memerlukan waktu sekitar 365 hari, 5 jam, 48 menit dan 46 detik untuk berputar mengelilingi matahari dengan lintasan orbit yang agak elips. Dengan perputaran ini menghasilkan gaya gravitasi dan gaya sentrifugal yang dinamakan momen inersia bumi. Jarak terdekat lintasan bumi terhadap matahari adalah 147 juta km, dan 152 jt km yang terjauh.

Bumi membutuhkan waktu selama 24 jam untuk berotasi dan memiliki sumbu konstan, jalur rotasi nya menghubungkan kutub utara dan selatan dengan kemiringan $23,5^\circ$ dari sudut normal atau $66,5^\circ$ dengan bidang garis eliptikal. Jika sumbu bumi berada tepat dengan posisi tegak lurus dengan bidang orbit menyebabkan terjadinya intensitas maksimum, hal ini umumnya terjadi di kawasan equator. Bagaimanapun juga area yang menerima intensitas secara maksimum bergerak utara dan selatan, dimana biasanya utara memiliki tropis *Cancer* dan tropis *Capricorn* untuk bagian selatan dan inilah yang menyebabkan adanya perubahan musim.

Umumnya bulan juni pada bagian utara dengan area latitude $23,5^\circ$ berada tepat lurus dengan matahari, dimana ini merupakan puncak dari lintasan matahari yang menyebabkan siang hari akan terasa lebih panjang. Namun ini berbanding terbalik dengan bagian selatan yang mengalami siang hari terpendek dan radiasi yang minimum. Pada tanggal 21 maret dan 23 september garis equator berada di posisi normal terhadap matahari, jadi untuk seluruh kawasan di bumi pada periode equinox akan mengalami siang dan malam hari yang relatif sama panjangnya.

Dengan adanya kemiringan sumbu bumi sebesar $23,5^\circ$, maka di beberapa kawasan di permukaan bumi tentunya mengalami perbedaan musim, terutama di kawasan kutub utara yang memiliki perbedaan yang signifikan dari durasi siang dan malam hari dalam kurun waktu satu tahun untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.9



Gambar 2.9 Hubungan Posisi antara Bumi dan Matahari

Sumber : Silabus.web.id

b. Kondisi Langit

Kondisi langit menentukan sebuah penelitian, alangkah lebih baik jika dibuat dalam dua kondisi ketika ditutup awan dan ketika kondisi langit cerah. Dalam hal ini waktu merupakan hal yang perlu diperhatikan tentang frekuensi kondisi langit. Dalam kurun waktu satu minggu langit memiliki perbedaan signifikan, contohnya seperti langit di pagi hari dan siang hari. Hal ini tentunya akan berdampak pada elemen peneduh yang digunakan.

c. Data Temperatur

Pada dasarnya baik temperatur maupun suhu udara tidak dapat dihitung secara fisik, namun sebagai gejala yang terlihat dari keadaan panas tubuh. Temperatur udara diukur dengan skala *celcius*. Skala ini dibuat berdasarkan interval antara titik beku dan titik didih pada tekanan atmosfer normal.

d. Angin

Merupakan pergerakan udara yang disebabkan rotasi bumi dan karena ada perbedaan tekanan dengan lingkungan. Angin selalu bergerak dari tempat yang bertekanan udara tinggi ke bertekanan udara rendah.

e. Kelembaban

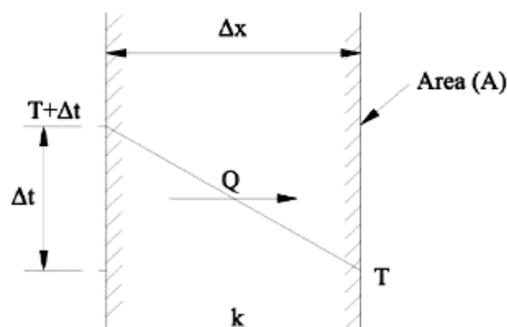
Merupakan jumlah kandungan uap air yang ada didalam suatu volume udara. Kelembaban udara dinyatakan sebagai kelembaban mutlak, kelembaban nisbi (relatif) maupun defisit tekanan uap air.

f. Curah Hujan

Jumlah air hujan yang turun di suatu daerah dalam periode tertentu dengan menggunakan satuan tinggi pengukuran diatas bidang tanah yang horizontal. Curah hujan bisa diartikan ketinggian air hujan yang terkumpul pada tempat datar, tidak menguap, tidak meresap, dan tidak mengalir. Intensitas curah hujan yang besar terjadi apabila hujan lebat dan dapat menimbulkan banjir dan longsor (Sutawinaya et al., 2017).

2.4 Pemahaman Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal merupakan besaran yang merupakan kemampuan dari benda untuk menghantarkan panas. Perpindahan energi yang diakibatkan interaksi antara partikel dengan partikel lain yang sudah kurang aktif disebut dengan konduksi atau rambat panas. Laju perpindahan kalor dapat dilihat dalam Gambar 2.10 Berikut ini:



Gambar 2.10 Skema Perpindahan Panas Hukum Fourier
Sumber : *Instruction Manual Heat Conduction Apparatus HT 1*

Rumus perpindahan panas dari satu benda ke benda lain yang mengacu pada hukum Fourier akan dijelaskan dalam Persamaan dibawah ini.

$$Q = k A x \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Keterangan :

- Q = Daya Panas (Watt)
- ΔT = Perubahan Suhu ($^{\circ}\text{C}$)
- Δx = Panjang Benda (Meter)
- A = Luas Permukaan / Penampang (m^2)
- K = Nilai konduktivitas termal ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$)

Berikut adalah nilai absortansi radiasi matahari untuk sebuah cat permukaan dinding luar (SNI 03-6389-2011):

Tabel 2.7 Absortansi Radiasi Matahari

Sumber : (SNI 03-6389-2011)

NO	Bahan Bangunan	Densitas (kg/m^3)	K ($\text{W}/\text{m.K}$)
1.	Beton	2400	1,448
2.	Beton Ringan	960	0,303
3.	Bata dengan lapisan plester	1760	0,807
4.	Bata langsung dipasang tanpa plester,tahan terhadap cuaca		1,154
5.	Plester pasir semen	1568	0,533
6.	Kaca lembaran	2512	1,053
7.	Papan gysum	880	0,170
8.	Kayu lunak	608	0,125
9.	Kayu keras	702	0,138
10.	Kayu lapis	528	0,148
11.	<i>Glasswool</i>	32	0,035
12.	Fibreglass	32	0,035
13.	Paduan Alumunium	2672	211
14.	Tembaga	8784	385
15.	Baja	7840	47,6
16.	Granit	2640	2,927
17.	Marmer/Batako/Terazo/Keramik/Mozaik	2640	1,298

2.5 Karakter Arsitektur Bangunan Hunian di Pekanbaru

Elemen arsitektural merupakan salah satu hal terpenting didalam dunia arsitektur (Krier, 2001). Umumnya elemen arsitektural berupa fasad diantaranya, di dalam fasad bangunan memiliki komponen penting yang terdiri dari beberapa elemen tunggal yang bersifat fungsional maupun naratif. Fasad bangunan adalah aspek yang paling utama dikarenakan

merepresentasikan sebuah kenyamanan visual bagi pengguna yang melihatnya (Izzaya, 2018), pada umumnya fasad bangunan menghadap ke arah jalan.

Proporsisi yang baik, penyusunan secara horizontal maupun vertikal, warna, bahan dan elemen dekorasi merupakan komposisi dalam merancang fasad bangunan (Krier, 2001). Fasad juga merupakan identitas dikarenakan dapat menggambarkan budaya dan keunikan gaya arsitekturnya sendiri. Komponen fasad lain diantaranya gerbang dan pintu masuk, zona lantai dasar, jendela, pintu, dinding, pagar pembatas, atap, signage dan ornamen fasad (Muna et al., 2021). Berikut adalah karakter arsitektur bangunan hunian yang ada di Pekanbaru.

Tritisan memiliki cara kerja membentuk bayangan yang menutupi lubang dinding. Kedudukan tritisan umumnya mendatar atau vertikal, dengan alasan agar sinar tidak mudah masuk ke dalam ruangan (Lippsmeier, 1994). Menurut (Mangunwijaya, 1997) berdasarkan fungsinya tritisan dibagi menjadi dua prinsip yaitu prinsip payung atau perisai dan prinsip penyaringan cahaya. Tritisan merupakan atap tambahan yang berdiri sendiri atau bisa juga berupa perpanjangan dari atap utama (Prianto, 2013).

Sedangkan bangunan arsitektur pada daerah pekanbaru dapat di lihat dibawah ini, berdasarkan karakter bangun yang ada di daerah pekanbaru :

Arsitektur Menggunakan Tritisan

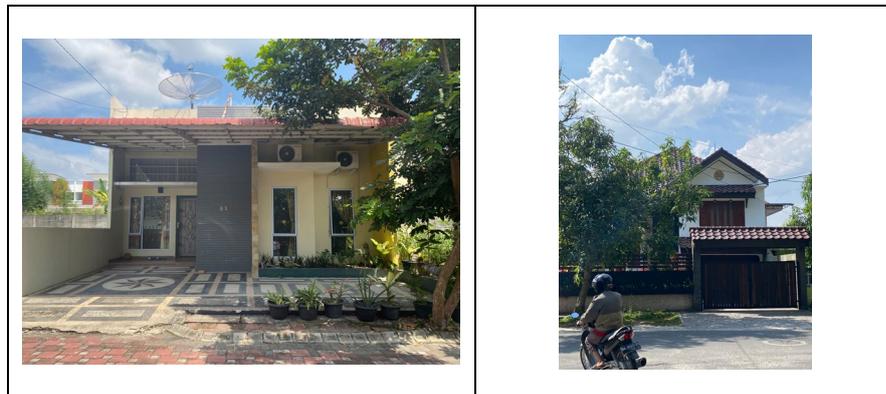


Foto 2.1 Arsitektur Hunian Di Pekanbaru

Sumber : Dokumen Pribadi

Arsitektur Tanpa Tritisan



Foto 2.2 Arsitektur Hunian Di Pekanbaru

Sumber : Dokumen Pribadi

Mayoritas bangunan arsitektur yang berada di Pekanbaru menggunakan material pembentuk dinding yakni bata merah dan batako, sedangkan penggunaan tritisan di Pekanbaru dibagi menjadi 2 (dua) ada yang menyatu langsung dengan bangunan dan juga ada yang terpisah dengan bangunan seperti memakai seng, kanopi, dan metal.