

DESAIN CAMPURAN DAN KUAT TEKAN BETON MEMANFAATKAN *POND ASH* DAN *LATERIT* SEBAGAI PENGGANTI PASIR

Tumingan^{1*}

¹ Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

Jln Dr Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan Samarinda Seberang, Samarinda, Kalimantan Timur

*Email: tumingan@polnes.ac.id

Abstrak

Pond ash terdiri dari fraksi halus abu batubara sebagai abu terbang/*fly ash*, dan abu dasar/*bottom ash* serta abu bawah lainnya dicampur bersama-sama diangkut ke daerah kolam/tambak penimbunan dengan memberikan aliran air atau sebaliknya dan disimpan di kolam abu dalam kondisi tercampur. Sedangkan *Laterit* berasal dari salah satu jenis tanah yang subur, namun curah hujan yang tinggi membuat unsur hara dari tanah *laterit* larut sehingga kesuburannya hilang, *laterit* akan mulai mengeras karena kelembaban diantara partikel-partikel lempungnya menguap dan garam-garam besi membentuk struktur yang kaku sehingga *laterit* banyak yang berbentuk bebatuan. Penelitian ini memanfaatkan *pond ash* dan *laterit* untuk campuran beton, dengan menguji pengaruh penggunaan *pond ash* dan *laterit* sebagai pengganti agregat halus dalam campuran beton, diteliti menggunakan spesimen berbentuk silinder diameter 100 mm dan tinggi 200 mm. Spesimen dibuat dengan mengambil perbandingan prosentase *pond ash* : *Laterit* sebesar 5%:32,5%; 10%:27,5%; 15%:22,5%; 20%:17,5% dan 25%:12,5% terhadap campuran beton dengan faktor air semen konstan 0,49 hasil rancangan campuran beton f_c 25 MPa. Hasil pengujian menetapkan kadar optimum diperoleh perbandingan/komposisi bahan *laterit* 20,0% : *pond ash* 17,5% : batu pecah 62,5%. Hasil pengujian kuat tekan beton diperoleh hasil 27,05 MPa untuk beton normal dan 26,36 MPa untuk beton *pond ash* optimum atau terjadi penurunan sebesar 2,56% terhadap beton normal. Peningkatan kuat tekan beton terjadi diatas standar SNI. Pada umur pengujian 7 dan 14 hari rasio kuat tekan berada di atas standar berarti peningkatan kuat tekan lebih cepat.

Kata kunci: Kekuatan Beton, Tekan Beton, *Pond Ash*, *Laterit*

PENDAHULUAN

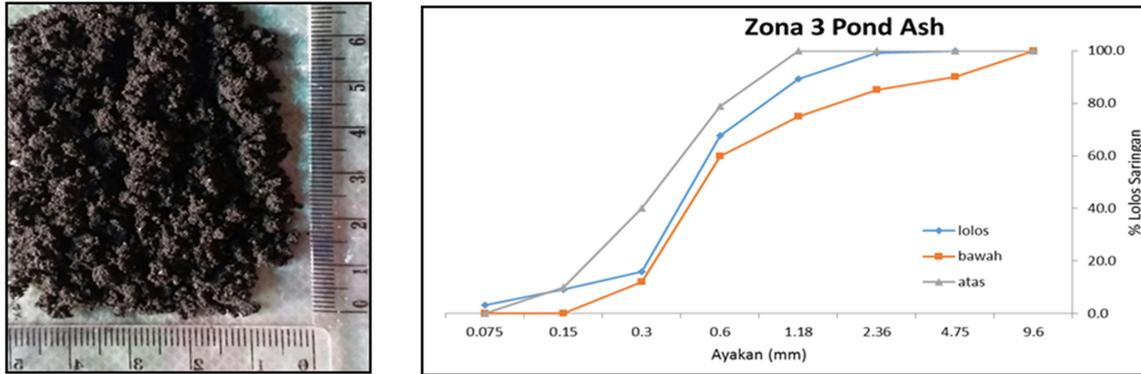
Abu batubara di Kalimantan Timur saat ini diperkirakan berjumlah sekitar 1.885 ton/bulan hasil pembakaran pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap [http://lampost, 2013: http://diskominfo, 2013: Tim Kajian, 2006] dibedakan menjadi dua. Pertama, abu batubara yang lembut seperti debu yang umum disebut sebagai debu batubara / abu terbang batubara (*fly ash*) butirannya halus seperti debu dan terbang terkena tiupan angin, berdimensi sangat halus setara lolos saringan #200. Kedua, abu batubara yang kasar berbentuk butiran atau abu dasar batubara (*bottom ash*), butirannya kasar seperti pasir, berwarna hitam ke abu-abuan tidak mengkilat (apabila warna hitam mengkilat berarti debu batubara yang belum terbakar yang memiliki karakteristik yang jauh berbeda dengan abu sisa pembakaran). Kedua limbah tersebut merupakan limbah pembakaran batu bara, bersifat non plastis, tidak berkohepsi dan berbutir halus mempunyai ukuran seperti agregat halus.

Pond ash terdiri dari fraksi halus abu batubara yang disebut sebagai abu terbang/ *fly ash*, dan abu yang dikumpulkan di dasar boiler yang disebut sebagai abu dasar/ *bottom ash*. Abu dasar, abu terbang, abu bawah dll dicampur bersama-sama diangkut ke daerah tambak penimbunan abu dengan memberikan aliran air atau sebaliknya dan disimpan di kolam abu dalam kondisi tercampur dikenal dengan abu kolam/ *pond ash* [Bagwan dkk, 2014]. Ketika *fly ash* dan *bottom ash* atau keduanya dicampur dalam proporsi dengan sejumlah air untuk membuatnya menjadi bubur dan disimpan dalam kolam disebut sebagai abu kolam / *pond ash* [http://lampost, 2013: Rathod dkk, 2015]. Semua Pembangkit Listrik Tenaga Uap di Kalimantan Timur, sistem pengelolaan limbah abu dilakukan dengan cara menimbun pada kolam abu / *pond ash* eks tambang batubara (*open pit*), pantai dan lain-lain.

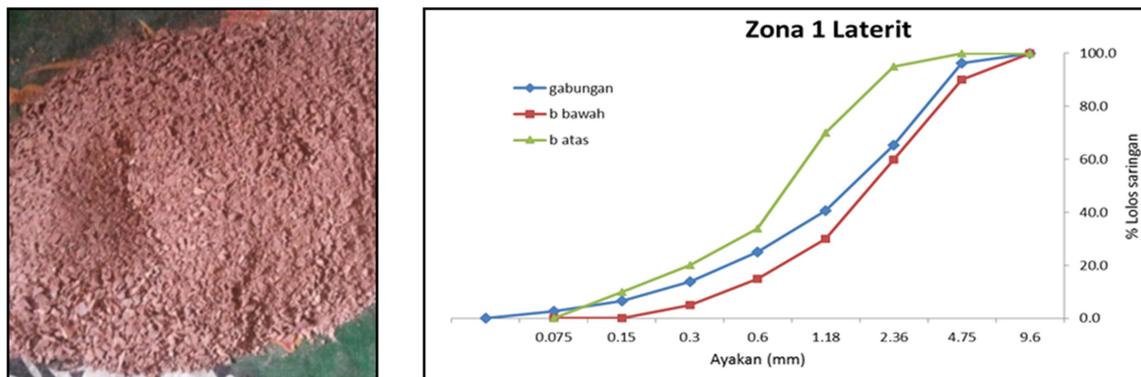
Laterit berasal dari tanah *laterit* yang merupakan salah satu jenis tanah yang subur, namun curah hujan yang tinggi membuat unsur hara dari tanah *laterit* larut sehingga kesuburannya hilang, pada keadaan lembab, tanah *laterit* mudah untuk dipotong tapi ketika terkena udara, *laterit* akan mulai mengeras karena kelembaban diantara partikel-partikel lempungnya menguap dan garam-

garam besi membentuk struktur yang kaku sehingga laterit sekarang banyak yang berbentuk bebatuan. Jenis laterit banyak ditemukan di wilayah beriklim tropis yang panas dan lembab (Wikipedia). Akibat kandungan oksida besinya yang tinggi, tanah ini memiliki warna merah seperti karat. Iklim tropis dan pengaruh unsur-unsur kimia menentukan ketebalan, kualitas, dan kandungan mineral lapisan tanah jenis laterit. Dahulu, tanah jenis ini biasa dipotong dalam bentuk menyerupai batu bata dan digunakan untuk membangun monumen. Sejak tahun 1970-an, dilakukan percobaan untuk memanfaatkan laterit sebagai lapisan pengganti batu dalam pembuatan jalan.

Laterit umumnya mengandung sejumlah besar kwarsa dan oksida titanium, zirkon, besi, timah, aluminium dan mangan, yang tertinggal dalam proses pengausan. Namun, kondisi tanah beserta isinya sangat tergantung kepada lokasi, iklim, dan kedalamannya. Dengan menggunakan alat pemecah batu, laterit menjadi hancur dan diambil partikel yang kecil untuk digunakan sebagai bahan beton bersama pond ash untuk menggnatkan pasir/agregat halus.



Gambar 1. Bahan Pond Ash dan gradasi hasil analisa saringan



Gambar 2. Bahan Laterit dan gradasi hasil analisa saringan

Semen Portland. Sifat-sifat kimia dari bahan pembentuk mempengaruhi kualitas semen yang dihasilkan, sebagaimana hasil susunan kimia yang terjadi diperoleh senyawa dari semen portland. Persentase berat dari C₃S, C₂S, C₃A dan C₄AF dalam semen portland dapat dihitung dengan rumus yang awalnya dikembangkan oleh Bogue dan diadopsi dari ASTM [ASTM C150, 2007]. Hidrasi semen sangat kompleks sehingga reaksi dari masing-masing unsur semen dalam bentuk silikat (C₃S dan C₂S) dan aluminat (C₃A dan C₄AF) dianalisa masing-masing secara tunggal.

Air. Dalam pembuatan beton, air merupakan salah satu faktor penting, karena air dapat bereaksi dengan semen, yang akan menjadi pasta pengikat agregat dan sebagai pelumas antar butir-butir agregat agar mudah dikerjakan (diaduk, dituang dan dipadatkan) saat beton segar, mempengaruhi kuat desak beton. Kelebihan air menyebabkan penurunan kekuatan beton, juga mengakibatkan beton menjadi bleeding. Hal ini menyebabkan kurangnya lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bagian yang lemah.

Agregat. Kandungan agregat dalam beton mencapai 60%-75% dari volume beton. Agregat dibedakan menjadi dua yakni agregat kasar yaitu agregat yang memiliki ukuran butir lebih dari 5

mm, dapat berupa kerikil alami hasil disintegrasi alami batuan atau batu pecah yang dihasilkan oleh industri pemecah batu. Dan agregat halus yaitu agregat dengan butiran kurang dari 5 mm, dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu

Penelitian ini mencoba mencari solusi pemanfaatan bahan *pond ash* dan laterit untuk bahan pembuatan beton. Berdasarkan gradasinya, *pond ash* memenuhi persyaratan agregat halus masuk zona 3 [ASTM Standars, 1992: Rathod dkk, 2015; Neville & Brooks, 2010], sedang laterit memenuhi persyaratan agregat halus masuk zona 1, maka dicoba memanfaatkan *pond ash* dan laterit untuk menggantikan agregat halus / pasir dalam bahan campuran beton [Tumingan dkk, 2016: Tumingan, 2017].

Permasalahan yang dapat dirumuskan dalam penelitian ini, bagaimana pengaruh bahan limbah abu batubara (*pond ash*) dan laterit sebagai pengganti agregat halus (pasir) dalam campuran beton dan berapa proporsi / komposisi yang optimum untuk campuran beton?. Untuk menjawab permasalahan ini maka penelitian ini ditegaskan untuk menentukan komposisi / proporsi *pond ash* optimum dari variasi kadar *pond ash* dan laterit yang direncanakan terhadap pasir dalam campuran beton dan mengevaluasi karakteristik campuran beton terhadap kekuatan tekan beton dalam campuran antara beton normal dan beton *pond ash* laterit

METODOLOGI

Bahan penyusun Beton

Pada umumnya bahan pokok untuk penyusun beton terdiri dari agregat kasar / batu pecah, agregat halus / pasir, semen sebagai bahan pengikat dan air sebagai bahan proses hidrasi terhadap semen. Dalam penelitian ini bahan agregat halus/pasir dari Kota Palu diganti dengan bahan limbah abu batubara (*pond ash*) dan bahan laterit yang banyak terdapat di daerah tambang batubara.

Air. Dalam pembuatan beton adalah air dari Perusahaan Air Minum yang berada di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda, menggunakan bahan Semen jenis PPC produksi PT. Tonasa, Agregat Halus jenis Pasir alami dari Palu sedangkan Agregat Kasarnya berupa batu pecah juga dari Palu, Sulawesi Tengah.

Sifat-sifat Mekanik Beton

Sifat-sifat mekanik beton selalu diawali dengan pengujian-pengujian terhadap kekuatan tekan, kekuatan tarik, kekuatan lentur, karakteristik tegangan-regangan (modulus elastisitas), dan sifat-sifat fisik diantaranya proses pengerasan, deformasi, respon terhadap kondisi lingkungan. Dari sifat-sifat tersebut kekuatan beton merupakan suatu hal yang sangat penting, karena hal ini merupakan gambaran mengenai kualitas beton.

Sifat yang paling mendasar dan umum dari beton adalah kuat tekan beton, erat hubungannya dengan sifat-sifat lain, maksudnya apabila kuat tekan beton tinggi, sifat-sifat mekanik beton lainnya juga tinggi. Kuat tekan beton didefinisikan sebagai besarnya tekanan yang mampu ditahan oleh luasan permukaan beton sampai beton tersebut hancur. Persamaan perhitungan kuat tekan beton dan tata cara pengujian mengacu standar ASTM C 39 [ASTM C 39, 2012].

Rancangan Campuran Beton

Perhitungan rancangan campuran beton, diawali dari hasil pengujian analisa saringan agregat untuk menentukan gradasi batu pecah, gradasi pasir, gradasi laterit dan gradasi *pond ash*. Gradasi agregat kasar distribusi butirannya untuk diameter maksimum 20 mm sesuai standar [SNI 03-2834-2000, 2000] terdapat kekurangan butiran kasarnya, butiran pasir memenuhi dan masuk kategori zona 1, sedangkan *pond ash* sebagai pengganti pasir mengacu standar yang digunakan mengikuti standar untuk agregat halus, hasilnya memenuhi kategori zona 3. Adapun bahan laterit yang digunakan pada campuran ini memenuhi kategori zona 1.

Variasi komposisi campuran pada awalnya dihitung dengan cara percobaan prosentase gradasi gabungan pasir terhadap batu pecah tanpa menambahkan *pond ash* dan laterit, diperoleh komposisi/perbandingan 37,5% pasir dan 62,5% batu pecah.

Tahap awal dicoba membuat beton dengan bahan batu pecah dan pasir dari Palu sebagai beton normal/kontrol tanpa menambahkan bahan *pond ash* dan laterit. Selanjutnya berdasarkan

komposisi/proporsi perbandingan batu pecah pada campuran beton normal ditetapkan sebagai parameter utama dengan membuat lima variasi komposisi campuran yakni dengan proporsi bahan pond ash 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Batasan bahan pond ash 25% dengan melihat hasil kombinasi gabungan agregat sesuai standar gradasi untuk agregat penyusun beton dengan ukuran butiran maksimum 20 mm. Meningkatnya penggunaan bahan pond ash menyebabkan bahan laterit menurun, karena gabungan antara bahan pond ash dan laterit adalah 37,5% berdasarkan komposisi rancangan beton normal, maka diperoleh komposisi campuran dengan proporsi bahan laterit 32,5%, 27,5%, 22,5%, 17,5% dan 12,5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan campuran beton telah menghasilkan proporsi agregat gabungan bahan campuran beton 5 variasi rencana dan 1 variasi beton normal. Dengan memperhatikan hasil pengujian kadar air dan penyerapan agregat serta hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat, diperhitungkan untuk mengontrol keperluan air dalam format rancangan campuran beton sesuai standar [SNI 03-2834-2000, 2000], diperoleh hasil perhitungan keperluan bahan tiap 1 m³ [Tumingan dkk, 2016: Tumingan, 2017] ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan komposisi bahan untuk campuran beton

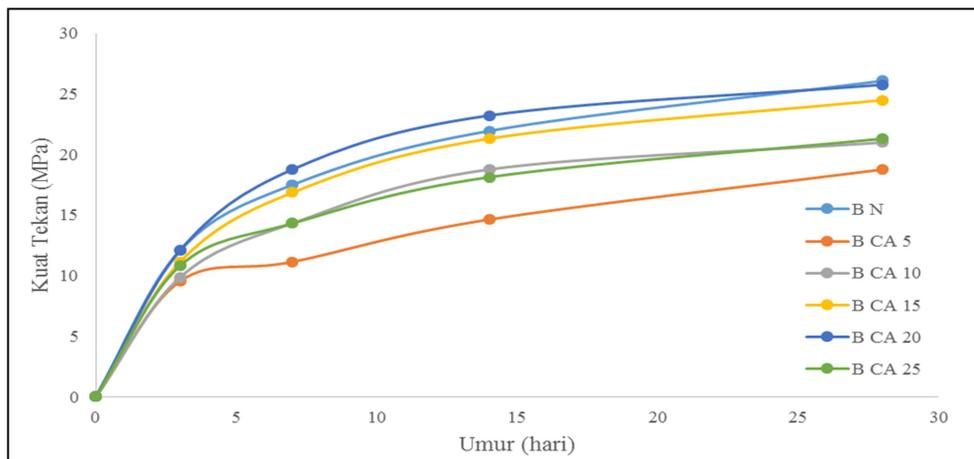
No.	Komposisi		Komposisi bahan campuran (Kg/m ³)				
	pond ash	Semen	Air	Pasir	Laterit	<i>Pond ash</i>	Batu Pecah
	0 %	408,16	202,91	664,59			1.124,33
	5 %	408,16	286,02		509,12	56,12	1.120,58
	10 %	408,16	318,50		420,53	112,23	1.120,58
	15 %	408,16	350,97		331,94	168,35	1.120,58
	20 %	408,16	383,45		243,34	224,47	1.120,58
	25 %	408,16	415,92		154,75	280,59	1.120,58

Kuat Tekan Beton

Kuat tekan yang dihasilkan untuk berbagai umur uji, dilakukan analisis untuk menemukan hubungan antara umur uji terhadap kuat tekan. Hal ini dilakukan pada beton yang dibuat dari berbagai variasi kadar pond ash dan laterit sebagai pengganti pasir terhadap beton normal menggunakan pasir Palu. Dalam analisis ini digunakan nilai rata-rata yang diperoleh dari 2 buah benda uji yang ditetapkan. Perkembangan kuat tekan dari masing-masing beton berdasarkan waktu hidrasi diberikan pada Gambar 3.

Gambar 3. menunjukkan kurva peningkatan kuat tekan beton terhadap umurnya. Hasil peningkatan kekuatan tekan beton terlihat bahwa kekuatan tekan untuk semua variasi jenis beton meningkat dengan bertambahnya umur hidrasi. Sebelum mencapai umur 28 hari, beton dengan variasi pengganti agregat halus yang besar menunjukkan perkembangan kuat tekan terlihat lebih cepat dibandingkan dengan beton normal, namun demikian dengan bertambahnya umur hidrasi perbedaan perkembangan kuat tekannya bertambah.

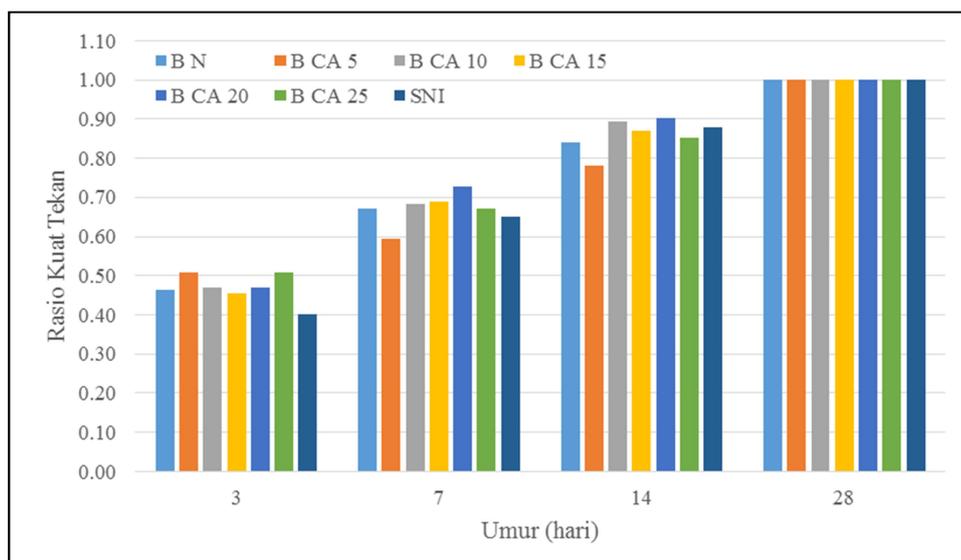
Peningkatan kuat tekan beton nampak lebih cepat pada umur hidrasi awal, sampai dengan 28 hari, dan selanjutnya peningkatannya cenderung lebih lambat bahkan perkembangan kuat tekannya mulai mengalami stabilisasi. Beton yang dibuat dengan menggunakan pond ash dan laterit sebagai pengganti agregat halus mengembangkan kuat tekan yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan beton normal/kontrol yang dibuat tanpa bahan pengganti pond ash dan laterit pada umur hidrasi sebelum 28 hari. Pola peningkatan kekuatan tekannya adalah cenderung sama antara beton normal maupun beton dengan bahan pengganti agregat halus.



Gambar 3. Hubungan kuat tekan beton terhadap umur uji

Peningkatan Kuat Tekan Beton

Perhitungan peningkatan kuat tekan beton terhadap kuat tekan umur 28 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Persentase kenaikan kuat tekan beton terhadap umur uji

Gambar 4. menunjukkan persentase peningkatan kuat tekan pada umur 3, 7, 14 dan 28 untuk:

- 1) Beton normal dengan persentase sebesar 46.34%, 67.07%, 84.15% dan 100.00% terhadap kuat tekan beton normal umur 28 hari sebesar 26,09 MPa.
- 2) Beton dengan kadar pond ash 5% dan laterit 32.5% dengan persentase sebesar 50.85%, 59.32%, 77.97% dan 100.00% terhadap kuat tekan beton pond ash 5% umur 28 hari sebesar 18,77 MPa.
- 3) Beton dengan kadar pond ash 10% dan laterit 27.5% dengan persentase sebesar 46.97%, 68.18%, 89.39% dan 100.00% terhadap kuat tekan beton pond ash 10% umur 28 hari sebesar 21.00 MPa.
- 4) Beton dengan kadar pond ash 15% dan laterit 22.5% dengan persentase sebesar 45.45%, 68.83%, 87.01% dan 100.00% terhadap kuat tekan beton pond ash 15% umur 28 hari sebesar 24.50 MPa.

- 5) Beton dengan kadar pond ash 20% dan laterit 17.5% dengan persentase sebesar 46.91%, 72.84%, 90.12% dan 100.00% terhadap kuat tekan beton pond ash 20% umur 28 hari sebesar 25.77 MPa.
- 6) Beton dengan kadar pond ash 25% dan laterit 12.5% dengan persentase sebesar 50.75%, 67.16%, 85.07% dan 100.00% terhadap kuat tekan beton pond ash 20% umur 28 hari sebesar 21.32 MPa.

Kenaikan kuat tekan yang paling signifikan terjadi pada beton pond ash dengan persentase 20% dan laterit 17.5% untuk semua umur pengujian yakni 3, 7, dan 14, tetapi tidak berlaku setelah umur 28 hari. Dan setelah itu pada beton pond ash 25% dan laterit 12.5%, kekuatan tekan beton mengalami penurunan untuk semua umur pengujian.

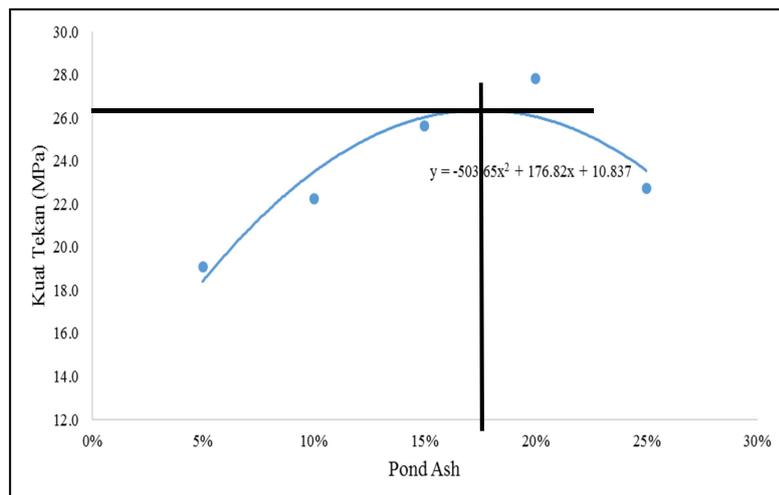
Perbedaan kenaikan kuat tekan antara beton normal dengan beton pond ash laterit terjadi pada semua variasi kadar pond ash dan umur pengujian beton. Kenaikan terbesar terjadi pada beton pond ash dengan kadar 20% dan laterit 17.5% pada umur pengujian 7 dan 14 hari dengan hasil kenaikan sebesar 5,77% dan 5,98%. Sedangkan pada umur 3 hanya terjadi peningkatan 0,57%. Perbedaan yang paling tinggi terjadi pada umur 14 hari hal ini menunjukkan kalau beton pond ash memiliki peningkatan kuat tekan awal yang lebih baik, terlihat pada umur 14 hari juga memiliki perbedaan kenaikan kuat tekan yang besar/tinggi dibanding dengan beton normal.

Peningkatan kuat tekan beton terhadap kuat tekan umur 28 atau rasio kuat tekan semua umur pengujian antara hasil penelitian terhadap standar dalam SNI, diketahui bahwa peningkatan kuat tekan yang terjadi diatas standar. Pada umur pengujian 7 dan 14 hari rasio kuat tekan berada di atas standar berarti peningkatan kuat tekan lebih cepat.

Kuat Tekan Optimum

Dari perhitungan kekuatan tekan beton untuk masing-masing variasi pond ash dan laterit menggunakan 2 buah benda uji, selanjutnya dikonversikan terhadap kuat tekan umur 28 hari. Kekuatan tekan yang dihasilkan beton variasi campuran bahan pond ash dan laterit sebagai pengganti pasir, diperoleh grafik hubungan antara kekuatan tekan beton pond ash laterit terhadap variasi kadar pond ash yang digunakan. Hasilnya seperti ditunjukkan pada grafik Gambar 5.

Kekuatan tekan rata-rata terhadap variasi kadar pond ash dan laterit adalah sebesar 19,10 MPa; 22,25 MPa; 25,63 MPa; 27,82 MPa dan 22,75 MPa dari kuat tekan normal/kontrol yang rata-rata nilainya sebesar 27,05 MPa. Atau terjadi peningkatan masing-masing -29,38%; -17,72%; -5,25%; 2,85% dan -15,89% terhadap beton normal.



Gambar 5. Kekuatan tekan beton optimum

Untuk menentukan kadar pond ash dan laterit optimum dengan bantuan grafik polinomial diperoleh hasil kekuatan tekan 27,05 MPa untuk beton normal, kekuatan tekan maksimum 27,82 MPa untuk beton pond ash 20% dan kekuatan tekan optimum sebesar 26,36 MPa dengan penggantian pond ash sebesar 17,5% terjadi penurunan kuat tekan beton 2,56%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa terhadap kuat tekan beton untuk campuran beton menggunakan bahan pond ash dan laterit terhadap 5 variasi pengujian dan satu beton kontrol dapat disimpulkan :

- (1) Peningkatan kuat tekan beton terhadap kuat tekan umur 28 atau rasio kuat tekan semua umur pengujian antara hasil penelitian terhadap standar dalam SNI, diketahui bahwa peningkatan kuat tekan yang terjadi diatas standar. Pada umur pengujian 7 dan 14 hari rasio kuat tekan berada di atas standar berarti peningkatan kuat tekan lebih cepat.
- (2) Berdasarkan karakteristik bahan campuran beton pond ash dan laterit sebagai pengganti pasir diperoleh komposisi pond ash optimum sebesar 17,5% terhadap bahan untuk campuran beton, diperoleh perbandingan/komposisi bahan laterit 20,0% : pond ash 17,5% : batu pecah 62,5% dengan hasil kekuatan tekan beton 27,05 MPa untuk beton normal dan 26,36 MPa untuk beton pond ash optimum atau terjadi penurunan sebesar 2,56% terhadap beton normal.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM 1992. Annual Book of ASTM Standars. *Section 4 Construction, Volume 04.02 Concrete Aggregates*, Philadelphia.
- ASTM C39/C39M – 12a, 2012. *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*.
- ASTM C-150, 2007. *Standard Specification for Portland Cement*.
- Bhungani, Hiren., Akbari. Y. V., 2015. Use Waste Material of Sikka Power Plant- (Mound Ash) in Concrete Replacement as Fine Aggregate. *IJSRD/Vol. 3/Issue 02/2015/564*.
- Bagwan, K. M., Kulkarni, Dr. S. S., 2014. A Study of Characteristic and Use of Pond Ash for Construction *Website: www.ijetae.com (ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 Certified Journal, Volume 4, Issue 6*.
- <http://lampost.co/berita/pln-hadapi-kendala-tangani-limbah-abu-batubara>
<http://diskominfo.kaltimprov.go.id/berita-pltu-teluk-balikpapan-ditarget-beroperasi--2015-.html>
(Sabtu, 26 Maret 2013).
- Neville, A M; Brooks, J J., 2010. *Concrete Technology*, second edition, Longman Scientific & Technical.
- Rathod, Mihir., Sharma, Shipra., 2015. Review on the Use of both Fly-Ash and Pond-Ash in Concrete Mix Design. *IJSRD / Vol. 2/Issue 12/2015/056*.
- SNI 03-2834-2000, 2000. *Tata cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Teuku Ishlah dan Hendro Fujiono, 2008. *Evaluasi konservasi sumber daya batubara di sekitar Tanjung Redep Kabupaten Berau Kalimantan Timur*, Subdit Konservasi Kementerian ESDM.
- Tim Kajian Batubara Nasional, Batubara Indonesia, 2006. *Kelompok Kajian Kebijakan Mineral dan Batubara*, Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara.
- Tumungan, 2017. Sifat Mekanik Kuat Tarik Belah dan Porositas Beton Menggunakan Limbah Abu Batubara (Pond Ash), *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2017 ITN Malang*, 4 Pebruari 2017, ISSN 2085-4218 E30.1-5.
- Tumungan, M. W Tjaronge, Rudy Djamaluddin and Victor Sampebulu, 2016. Penyerapan dan Porositas pada Beton Menggunakan Bahan Pond Ash Sebagai Pengganti Pasir, *Jurnal Politeknologi VOL. 15 No. 1 Januari 2016*, ISSN: 2407-9103.
- Tumungan, M. W Tjaronge, Victor Sampebulu and Rudy Djamaluddin, 2017. Compression Strength Concrete with Pond Ash Lati Berau, *IPTEK Journal of Proceedings Series ISSN: 2354-6026 No 1*.
- Tumungan, Salma Alwi dan Rafian Tistro, 2018. Peningkatan Kuat Tekan Beton Pond Ash Pengganti Sebagian Agregat Halus Berdasarkan Fungsi Waktu, *Jurnal Politeknologi VOL. 17 No. 1 Januari 2018*, e-ISSN: 2407-9103.
- Tumungan; Tjaronge, M W; Djamaluddin, Rudy; dan Sampebulu, Victor., 2014. Compression Strength Of Concrete With Pond Ash As Replacement Of Fine Aggregate, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 9, No. 12, December 2014.